

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**Roteirização aplicada à distribuição de produtos do setor de higiene pessoal
no Distrito Federal**

Por,

Gabriela Labanca de Carvalho e Castro

Brasília, 02 de julho de 2018.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**ROTEIRIZAÇÃO APLICADA À DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS DO SETOR DE
HIGIENE PESSOAL NO DISTRITO FEDERAL**

POR,
GABRIELA LABANCA DE CARVALHO E CASTRO

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira de
Produção

Orientador: Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/ EPR
Coorientadora: Luiza Lavocat Galvão de Almeida Coelho, UnB/ EPR

Banca Examinadora

Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/ EPR (Orientador)
Prof. Carlos Henrique Marques da Rocha, UnB/ EPR

Brasília, 02 de julho de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Priscila e Hércules, por todo o suporte, educação, dedicação, ensinamentos e exemplos que sempre trouxeram para mim e que contribuem diariamente para eu alcançar meus objetivos. Agradeço a minha vó, meus irmãos, à Tais e a toda minha família pelo carinho e compreensão durante a minha graduação.

Agradeço muito a meus professores que se dedicaram ao meu crescimento e aprendizado, especialmente ao professor Sérgio Granemann, pelos ensinamentos, pela atenção e cuidado durante a realização desse trabalho. Agradeço à Luiza Lavocat pelas orientações e pela disposição, sempre que precisei.

Agradeço também as minhas amigas Luciana, Raiza, Ana Luisa, Gisele, Sophia, Letícia, Dandara, Luísa, Giovanna, Bruna, Juliana e Raíssa pela amizade, apoio e companheirismo, além de todos os outros amigos e colegas que foram muito importantes durante esses últimos anos.

RESUMO

Sabe-se que a logística representa extrema importância para as organizações devido ao fato de ser responsável por analisar e garantir a entrega e o recebimento de informações, insumos e produtos, permitindo que toda a cadeia de suprimentos seja atendida. Adicionalmente, o estudo da logística proporciona a otimização dos recursos, conduzindo à minimização dos custos. Além disso, os custos de transporte correspondem à parcela significativa dos custos logísticos. Dessa forma, faz-se essencial às empresas realizar a análise do transporte para assegurar que seus custos sejam reduzidos, maximizando a receita e, conseqüentemente, elevando a competitividade. A definição de roteiros adequados à distribuição de mercadorias consiste em um dos problemas logísticos mais recorrentes. A roteirização permite otimizar as entregas, atendendo às necessidades dos clientes e às restrições de cada situação, ao mesmo tempo que fornece insumos para a análise dos custos fixos e variáveis relacionados ao transporte. Neste contexto, este projeto teve como objetivo comparar a adequabilidade de diferentes veículos à aplicação de método de roteirização para a distribuição de produtos de higiene pessoal em centros urbanos, identificando aquele que apresentou os menores custos totais, devido a sua maior capacidade de carga.

ABSTRACT

It is known that logistics is extremely important to organisations since it is responsible for analysis, which guarantees information, inputs and products' delivery and reception, allowing, thereby, supply chain's fulfilment. Furthermore, the study of logistics provides resources' optimisation, leading to minimisation of costs. Besides that, transportation costs correspond to large portion of logistics costs. Therefore, it is essential that companies make transportation analysis to assure costs reduction, which would maximise revenues and, consequently, raise competitiveness. One of the most recurrent logistics problems is related to determining appropriate routes to goods' distribution. Route planning enables deliveries' optimisation, attendance to customers' needs and to the circumstances' limitations, providing, at the same time, inputs to fixed and variable costs analysis, related to transportation. In this context, this project aimed to compare different vehicles' suitability to a route planning method for personal hygiene products distribution in urban areas, identifying, thereby, the option which presents the minor total costs, due to its high loading capacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Roteiro simples em um bolsão de distribuição.....	16
Figura 2 - Esquema de roteirização de veículos.....	16
Figura 3 - Exemplo de aplicação do método do ponto mais próximo.....	20
Figura 4 - Exemplo de aplicação do método do ponto mais distante.....	21
Figura 5 - Exemplo de aplicação do método de melhoria 2-opt.....	22
Figura 6 - Exemplo de aplicação do método de melhoria 3-opt.....	23
Figura 7 - Exemplo de aplicação do método de Varredura.....	25
Figura 8 - Exemplo de aplicação do método Clarke e Wright.....	27
Figura 9 - Distribuição dos clientes priorizados no mapa.....	33
Figura 10 - Roteiros distribuídos no mapa.....	41
Figura 11 - Volkswagen 6-160 Delivery.....	49
Figura 12 - Volkswagen 8-160 E Delivery.....	49
Figura 13 - Volkswagen 10-160 E Delivery.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demandas dos clientes priorizados (mensal).....	32
Tabela 2 - Matriz de distâncias (simplificada).....	34
Tabela 3 - Demandas dos clientes priorizados (semanal).....	35
Tabela 4 - Matriz de ganhos (simplificada).....	36
Tabela 5 - Matriz de ganhos hierarquizados (simplificada).....	37
Tabela 6 - Roteiros (Simulação 1).....	38
Tabela 7 - Horários de entrega (Simulação 1).....	39
Tabela 8 - Roteiros (Simulação 2).....	42
Tabela 9 - Horários de entrega (Simulação 2).....	43
Tabela 10 - Roteiros (Simulação 3).....	45
Tabela 11 - Horários de entrega (Simulação 3).....	46
Tabela 12 - Componentes dos custos.....	51
Tabela 13 - Fórmulas de cálculo dos custos.....	52
Tabela 14 - Comparativo dos custos.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Contextualização do tema.....	9
1.2 Justificativa.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.4 Metodologia do trabalho.....	12
1.5 Estrutura do trabalho.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Logística.....	14
2.2 Roteirização.....	15
3. ESTUDO DE CASO.....	31
3.1 Caracterização da empresa.....	31
3.2 Método de Clarke e Wright.....	33
3.3 Custos totais das alternativas.....	47
4. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICE A.....	62

Roteirização aplicada à distribuição de produtos do setor de higiene pessoal no Distrito Federal

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A logística consiste no estudo do fluxo de mercadorias e informações, por toda a cadeia de suprimentos, desde as matérias-primas até o atendimento aos consumidores. De acordo com Farahani *et al.* (2011), a logística surgiu em um contexto que buscava a integração das atividades de planejamento e coordenação do fluxo de materiais, desde o abastecimento até a distribuição do produto final. Desta maneira, o objetivo da logística é fornecer ao cliente o produto certo, com a quantidade e a qualidade esperadas, no momento e no local corretos.

A distribuição representa um importante elemento de estudo da logística. Segundo Bowersox (2001), a análise da distribuição de bens em logística envolve o recebimento e processamento de pedidos, a disposição de estoques, o armazenamento, a manipulação e o transporte de mercadorias em um canal de distribuição. O propósito da distribuição consiste em contribuir para a obtenção de receita por meio do atendimento ao cliente final.

Desta maneira, é fundamental que as empresas organizem seu sistema de distribuição para atender eficazmente às demandas do mercado, garantindo, assim, o cumprimento das metas de nível de serviço e a redução dos custos logísticos (BOTELHO *et al.*, 2014).

Segundo Costa e Faria (2013), o gerenciamento dos custos logísticos direciona as organizações ao aprimoramento do nível de serviço e à redução de custos. Para tanto, é importante compreender e analisar os diferentes custos intrínsecos ao processo logístico. Estes referem-se a todos os custos relacionados ao recebimento de materiais, envolvendo fornecedores e processos produtivos, até a saída dos produtos acabados e sua chegada ao cliente final.

Diante disto, para alcançar o nível de serviço desejado, de maneira eficiente, minimizando os custos, torna-se necessário gerenciar adequadamente as cadeias logísticas. Assim, pode-se afirmar que é indispensável o estabelecimento de rotas

adequadas para a distribuição dos produtos, em especial quando existe grande número de clientes a serem atendidos. Este estudo das rotas, denominado roteirização, contribui para a tomada de decisão, por meio da identificação dos melhores roteiros percorridos para o transporte das mercadorias, que permitam reduzir os tempos de entrega, as distâncias entre os centros de distribuição e os clientes, e, conseqüentemente, os custos de transporte.

Contudo, estas decisões demandam, em geral, planejamento e análise, pois envolvem, normalmente, muitas variáveis, considerando que as rotas devem atender a diversos clientes, com localizações diferentes, partindo de origens distintas, de acordo com suas distâncias. Assim, existem, atualmente, diversos métodos que visam à obtenção desses roteiros.

Entre as diferentes classificações nas quais os métodos de roteirização podem ser agrupados, Ballou (2006) ressalta a categorização entre problemas sem e com restrições. Nos casos em que há restrições, as limitações de tempo disponível e de capacidade do veículo são avaliadas, de modo a obter os resultados das rotas mais adequadas. Novaes (2007) apresenta dois métodos de roteirização de veículos para solução de problemas com restrições: o método da Varredura e o de Clarke e Wright.

O método da Varredura possui um índice de erro de aproximadamente 10% e seu desenvolvimento ocorre em duas etapas: estabelecimento das paradas para cada veículo e, posteriormente, a ordem de paradas nas vias. Este fato apresenta, segundo Ballou (2006), uma desvantagem pois o tempo total da viagem e as janelas de tempo não são adequadamente analisados.

O método de Clarke e Wright, também conhecido como método das Economias, é amplamente utilizado devido à sua flexibilidade para solução de restrições e pela capacidade de fornecer resultados quase ótimos. O método tem como objetivo reduzir a distância percorrida pelos veículos, ao mesmo tempo em que minimiza a quantidade de veículos necessária para a distribuição. Além disso, possibilita a definição de roteiros e de sequência de paradas, concomitantemente, permitindo assim, solucionar diversas restrições práticas (FRAGA e CARDOSO, 2013).

Deste modo, o estudo de roteirização aplica-se ao problema a ser analisado neste trabalho o qual refere-se à distribuição de produtos de uma empresa do setor

de higiene pessoal, por meio da análise da localização e da demanda dos clientes, além de outros fatores a serem considerados, como capacidade dos veículos, tempos de entrega e velocidades das vias.

Assim, objetiva-se analisar as possíveis rotas a serem percorridas para a distribuição das mercadorias entre o centro de distribuição e os clientes, de modo a identificar as melhores rotas, por meio da roteirização, dimensionar as frotas e mensurar os custos de transporte.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em logística, o sistema de transporte envolve, entre vários elementos, a gestão de fretes, da armazenagem e da movimentação de mercadorias. Ballou (2006) afirma que os custos de transporte correspondem, aproximadamente, a 30% a 60% dos custos logísticos totais. Por esta razão, faz-se fundamental o estudo desses elementos de modo a garantir que seu desempenho seja favorável, bem como o envolvimento entre eles esteja em conformidade, para assegurar que os níveis de serviço desejados sejam atendidos.

Satisfazer os níveis de serviço esperados é essencial para que as empresas se tornem competitivas, isto é, mantenham e ampliem a sua fatia de mercado. Para isso, é importante desempenhar suas funções com a qualidade e eficiência esperadas pelos clientes, além de garantir o cumprimento dos prazos acordados. Estes fatores podem ser satisfeitos por meio de uma gestão eficiente da rede de suprimentos, que possibilite a elaboração de um planejamento apropriado, destinado ao atendimento adequado de todos os pedidos.

Contudo, o planejamento envolve, em geral, análises de grande complexidade e, por isso, tem se tornado um grande desafio para os profissionais do setor de transporte (SILVA *et al.*, 2017). Desta maneira, entre os diversos aspectos relacionados ao transporte de produtos, destaca-se a definição dos roteiros de distribuição. Este fator pode ser substancial para possibilitar o suprimento das demandas com a agilidade, a qualidade e o prazo esperados, além de contribuir para a redução dos custos logísticos.

O presente estudo visa analisar as possíveis rotas a serem percorridas para a realização das entregas dos pedidos demandados pelos clientes, levando em consideração as variáveis relacionadas às especificidades do produto, dos clientes,

das vias e dos veículos utilizados. Desta maneira, ao final, pretende-se obter os custos das frotas que atendem às rotas definidas por meio da utilização de método de roteirização.

A partir deste trabalho, espera-se contribuir para as tomadas de decisão da empresa em questão, no que diz respeito à entrega de produtos aos clientes, colaborando para a redução dos trajetos e dos tempos de entrega, atendendo aos requisitos e às limitações envolvidas e, conseqüentemente, reduzindo os custos de transporte.

Dessa forma, pretende-se colaborar à literatura para ampliar a gama de aplicações de problemas de roteirização e de mensuração de custos de transporte em estudos de caso para o setor de higiene pessoal.

1.3 OBJETIVO GERAL

Comparar a adequabilidade de diferentes veículos às rotas encontradas por meio da aplicação de método de roteirização para a distribuição de produtos de higiene pessoal em centros urbanos.

1.3.1 Objetivos específicos

1. Aplicar método de roteirização em um estudo de caso de distribuição de produtos de higiene pessoal.
2. Simular a configuração da frota ideal para atender às demandas de distribuição.
3. Mensurar e comparar os custos de transporte do processo de distribuição, de cada simulação.

1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO

Considerando que o presente trabalho visa gerar conhecimentos para aplicação prática destinados à solução de problemas específicos, ele é de natureza aplicada (GIL, 2008). Os procedimentos a serem seguidos para cumprir os objetivos apresentados anteriormente são:

- a) Revisão bibliográfica sobre os diferentes métodos de roteirização e suas aplicações.

- b) Definição do método de roteirização a ser utilizado neste trabalho para realizar a distribuição de produtos de higiene pessoal.
- c) Aplicação do método de roteirização escolhido para um estudo de caso real.
- d) Simulação do dimensionamento de frotas de distribuição necessárias para atender às rotas identificadas.
- e) Mensuração dos custos de transporte dos roteiros definidos para cada tipo de veículo.

Tal estudo terá como base a análise dos dados fornecidos por uma empresa distribuidora de produtos do setor de higiene pessoal, os quais serão trabalhados de modo a obter as conclusões necessárias que contribuam para as tomadas de decisão. A abordagem desta pesquisa será quantitativa, de âmbito descritivo, pois almeja analisar e estabelecer relações entre variáveis – os custos e as rotas de distribuição de mercadorias. Além disso, ela pode ser classificada como um estudo de caso pois envolverá o estudo aprofundado e exaustivo de objetos, permitindo seu amplo e detalhado conhecimento (YIN, 2001).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído por quatro capítulos.

Este primeiro capítulo, introdutório, abrange o tema, a contextualização teórica do trabalho, a sua justificativa, os objetivos – geral e específicos – e, por último, a metodologia aplicada para alcançar os objetivos estabelecidos.

O segundo capítulo contempla a definição e explicação dos conceitos que foram abordados ao longo do trabalho. Este capítulo envolve informações dos métodos de roteirização e de suas aplicações.

O terceiro capítulo é composto pela apresentação do método de resolução de problemas de roteirização que foi aplicado e pelo estudo de caso, em que são descritas, detalhadamente, as aplicações dos modelos ao problema, feitas as análises da aplicabilidade dos modelos e mostrados os resultados obtidos.

O quarto capítulo contém a conclusão e as recomendações para trabalhos e projetos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Logística

A logística teve sua origem relacionada às atividades militares, tendo sido, principalmente, utilizada por imperadores para o transporte de cargas, por volta de 481 A.C. (FARIAS e OLIVEIRA, 2010). O desenvolvimento da logística ocorreu no século XX, na Segunda Guerra Mundial, e a ela pode ser atribuída responsabilidade pela vitória das Forças Aliadas. Posteriormente, os benefícios da logística começaram a ser notados pelas empresas que, além disso, reconheceram a influência substancial que a gestão logística pode exercer no alcance de vantagem competitiva (CHRISTOPHER, 2007).

O mercado é cada vez mais competitivo e, por isso, a satisfação do consumidor é um fator determinante para o sucesso das organizações. Devido ao fato de o cliente exigir alta qualidade e menores preços dos produtos adquiridos, maior agilidade nas entregas, com grande acessibilidade e credibilidade, Bertaglia (2003) defende que as empresas devem dispor de elevada eficiência operacional de modo a garantir que as vendas sejam realizadas atendendo às expectativas do consumidor, e, ao mesmo tempo, minimizando os custos. Dessa maneira, pode-se afirmar que o gerenciamento das cadeias de abastecimento apresenta extrema relevância, pois seu desempenho pode exercer papel determinante para a escolha do consumidor.

Adicionalmente, a complexidade das cadeias de suprimento cresce devido à terceirização de tarefas entre empresas e, por isso, faz-se essencial a maximização da integração entre essas redes. Essa alta integração depende de um gerenciamento eficaz que assegure o equilíbrio entre demanda e suprimento, permitindo, assim, distribuição eficiente de mercadorias. Complementarmente, Christopher (2007) ressalta que, em determinados mercados, há o aumento da volatilidade da demanda, o que contribui ainda mais para a elevação da complexidade destas redes.

Desse modo, pode-se dizer que a logística compreende a união entre os elementos: informações, transporte, estoque, armazenamento, manuseio de materiais e embalagem. Além disso, seu principal objetivo envolve alcançar o nível de serviço esperado e, ao mesmo tempo, minimizar os custos totais (BOWERSOX, 2001). Para isso, é fundamental que as organizações busquem o gerenciamento das suas áreas funcionais – projeto de rede, informação, transporte, estoque e armazenagem.

Pode-se dizer que o transporte envolve grande parte dos custos logísticos e, além disso, está vinculado a diversas tomadas de decisão. Essas resoluções dizem respeito à escolha do serviço de transporte, formas de embarques, consolidação de fretes e roteirização de veículos (BALLOU, 2006).

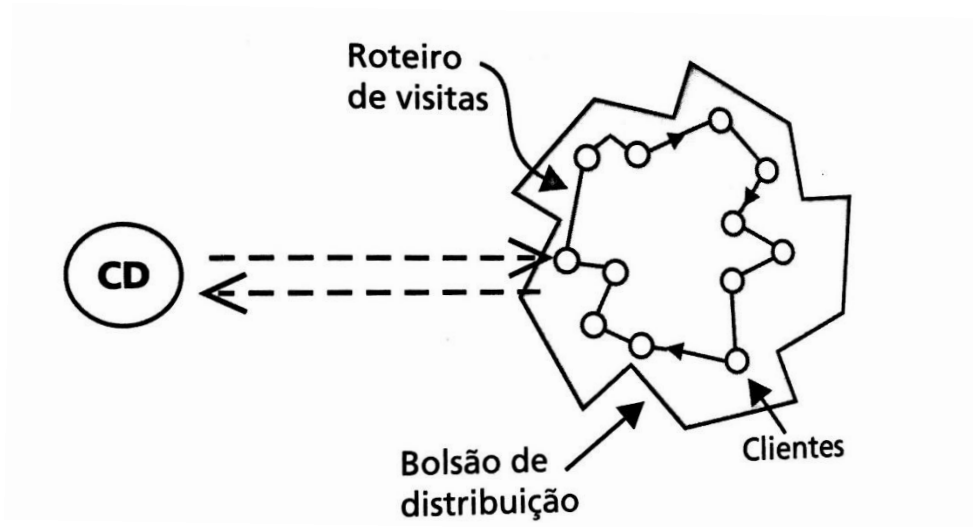
2.2 Roteirização

Ballou (2011) afirma que as organizações devem buscar o aprimoramento do desempenho dos componentes relacionados ao setor de transporte, pois os custos relativos a esta área correspondem, em geral, à maior parte dos custos logísticos totais. Desta maneira, torna-se importante, entre outros fatores referentes a este setor, a ampliação dos cuidados relativos à otimização da distribuição física de mercadorias, que está diretamente associada ao aumento do nível de serviço da empresa.

A roteirização de veículos pode ser definida como o estudo do problema da distribuição física de produtos, em que é realizada a análise das condições envolvidas, em especial, as localizações e as demandas dos clientes (NOVAES, 2007). Assim, seu objetivo consiste em definir as melhores rotas a serem percorridas de modo a maximizar as entregas, reduzir o tempo e os custos e, conseqüentemente, contribuir para o aumento dos níveis de serviço (CUNHA, 2014).

Cunha et al. (2002) afirma que a roteirização de veículos, também chamada por alguns autores de roteamento de veículos, consiste no atendimento de demandas de clientes dispersos espacialmente – cujas localizações são previamente conhecidas – a partir da definição das rotas a serem desempenhadas pelos veículos de uma frota. A Figura 1 ilustra um roteiro simples de atendimento aos clientes em um bolsão de distribuição.

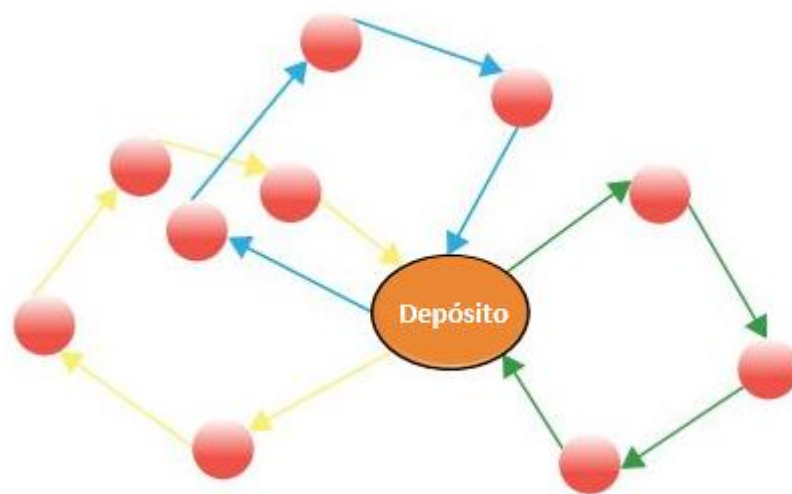
Figura 1 - Roteiro simples em um bolsão de distribuição



Fonte: Novaes (2007)

Adicionalmente, Laporte (2000) destaca que a roteirização de veículos visa a definição de roteiros que atendam às restrições de capacidade do veículo utilizado, em que cada ponto seja visitado apenas uma vez, iniciando e terminando a rota no depósito e buscando a minimização dos custos totais, como mostra o esquema da Figura 2.

Figura 2 - Esquema de roteirização de veículos



Fonte: Farahani *et al.* (2011)

Portanto, a roteirização de veículos aplica-se à distribuição física de cargas, com o objetivo de definir um conjunto de roteiros, em que cada rota é desempenhada por um único veículo, visando maximizar o número de pontos visitados em uma única viagem, de modo a minimizar os custos globais de transporte e atender às demandas dos clientes e as restrições existentes (FARAHANI *et al.*, 2011).

Para a execução deste estudo, também chamado de sistema de otimização de rotas, é relevante a utilização de um computador que permita a elaboração de simulações das possíveis rotas traçadas para a coleta e distribuição de mercadorias (BERTAGLIA, 2003). Estas simulações devem considerar todas as restrições impostas pelas variáveis envolvidas.

Entre estas variáveis, destacam-se as distâncias entre os pontos de origem e de destino, os meios de transporte e suas capacidades, as condições das vias, a quantidade e a localização dos clientes, a quantidade e localização de centros de distribuição, as particularidades do produto, as jornadas de trabalho dos funcionários envolvidos e a existência de dias e/ ou horários específicos para a distribuição.

Ballou (2006) defende a existência de oito princípios que podem auxiliar os colaboradores nas tomadas de decisão para definição de rotas adequadas. São estes os princípios:

- Abastecer os caminhões com cargas a serem distribuídas em locais próximos, isto é, minimizar as distâncias percorridas pelos veículos a cada viagem, reduzindo o tempo de trânsito entre elas e o percurso total do roteiro.
- Caso existam clientes cujas demandas devam ser entregues em dias diferentes da semana, é importante que estas paradas sejam agrupadas em problemas separados, para cada dia da semana, o que reduzirá o número de veículos necessários, o percurso e o tempo percorridos.
- Realizar as entregas iniciando pelo ponto mais distante do centro de distribuição/depósito. A partir deste ponto, definir a rota incluindo os outros pontos próximos a ele, mais distantes do CD.
- Estabelecer as rotas a serem desempenhadas de tal maneira que os percursos obtenham a forma de uma lágrima e sem que haja sobreposição entre os roteiros.

- Priorizar a utilização de veículos com a maior capacidade – e maior tamanho – possível, pois, deste modo, é possível minimizar a distância e o tempo percorridos. Ao utilizar estes veículos, é primordial garantir que sua capacidade seja utilizada da melhor maneira.
- Acordar previamente as coletas, para que elas sejam realizadas no decorrer do percurso dos roteiros de distribuição e não sejam deixadas para o final. Assim, é possível evitar superposição de roteiros.
- Analisar os pontos de entrega muito distantes do centro de distribuição e dos outros pontos, de modo que, caso algum deles seja muito isolado dos demais, este possa ser atendido por um veículo menor, separadamente. Desta maneira, os custos de transporte podem ser reduzidos.
- Minimizar a ocorrência de janelas de tempo de paradas muito pequenas.

Para Bodin (1990), grande parte dos problemas de roteirização de veículos apresenta as seguintes características:

- Múltiplos tipos de veículos: cada tipo de veículo apresenta suas especificações de capacidade e, por isso, deve existir uma quantidade determinada de cada um deles para atender às demandas.
- Dependências entre veículos e pontos de atendimento: cada ponto de coleta/ entrega possui sua especificidade e, por isso, em geral, o veículo a atender determinado ponto deve ser adequado para satisfazer tais especificações.
- Depósitos: cada depósito deve ter sua especificação referente à quantidade máxima de veículos que podem ser abrigados.
- Janelas de tempo: alguns pontos possuem restrição de janela de tempo para receber os pedidos e estes devem ser levados em consideração no momento do estabelecimento das rotas.
- Comprimento da rota: em geral, cada veículo apresenta a mesma restrição de comprimento de rota – por exemplo: 8 horas.
- Função objetivo: a roteirização de veículos, geralmente, apresenta uma função objetivo que deve ser minimizada para que sejam reduzidos os custos da frota.

Novaes (2007) defende que os métodos de roteirização podem ser classificados em dois grupos: métodos sem e com restrições.

2.2.1 Métodos sem restrição

Os métodos de resolução de problemas de roteirização sem restrição – também conhecidos como Problemas do Caixeiro Viajante (PCV) – consideram que as restrições relacionadas às variáveis tempo e capacidade já estão solucionadas, pois pressupõe que os clientes já estão alocados em grupos a serem atendidos.

Cunha *et al.* (2002) definem o Problema do Caixeiro Viajante como um problema cujo objetivo é encontrar o roteiro que apresente o menor percurso e menor custo ao visitar um grupo de cidades, passando sempre somente uma vez por cada cidade.

Por isso, nestas situações, o estudo realizado deve concentrar-se na definição do percurso de acordo com a melhor sequência de clientes, isto é, a rota que minimize a distância total percorrida. Novaes (2007) define dois grupos em que os métodos sem restrições podem ser classificados: os métodos de construção do roteiro e os métodos de melhoria do roteiro.

2.2.1.1 Métodos de construção do roteiro

Cunha *et al.* (2002) afirmam que, para os métodos de construção, os roteiros são criados de modo iterativo, isto é, os pontos referentes aos clientes ou às cidades devem ser acrescentados ao roteiro sucessivamente, sem que haja modificação ou melhoria da sequência já obtida. Novaes (2007) explica dois métodos de roteirização de construção do roteiro: o método do ponto mais próximo e o método do ponto mais distante.

2.2.1.1.1 Método do ponto mais próximo

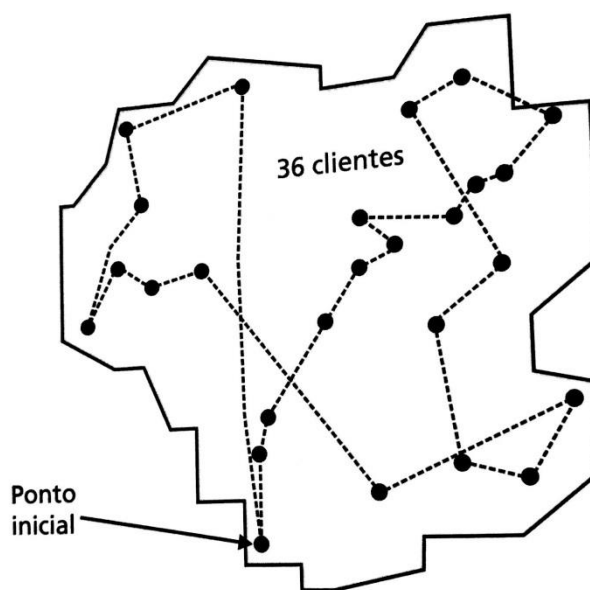
Este método, desenvolvido por Cover e Hart (1967), consiste em conectar todos os pontos, clientes, que devem ser visitados. Essa ligação deve ser iniciada por um dos pontos, eleito arbitrariamente, e continuada, conectando ao anterior o seu ponto mais próximo, sem que haja cruzamento entre as rotas.

A Figura 3 mostra um exemplo de aplicação deste método. De acordo com Novaes (2007), suas etapas são:

- 1) Definir, arbitrariamente, o primeiro ponto, a partir do qual devem ser iniciadas as rotas.
- 2) A partir deste ponto definido, procurar, entre os demais, o ponto mais próximo e, assim, traçar a primeira rota entre eles.
- 3) Posteriormente, definir, entre os pontos restantes, aquele que está mais próximo do segundo ponto, e, então, traçar uma nova rota incluindo os três pontos.
- 4) Realizar este procedimento para todos os pontos, até que todos eles sejam compreendidos.

Apesar de não ser um método muito eficaz, ele traz uma solução rápida para o problema, podendo ser aperfeiçoada com outros métodos mais sofisticados (NOVAES, 2007).

Figura 3 – Exemplo de aplicação do método do ponto mais próximo



Fonte: Novaes (2007)

2.2.1.1.2 Método do ponto mais distante

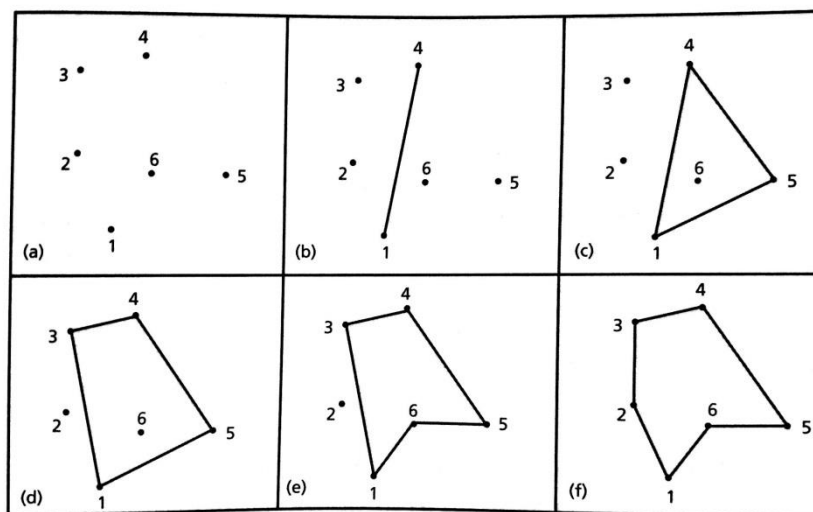
Segundo Novaes (2007), este método possui maior aplicabilidade em problemas cujo número de clientes não é muito elevado e, assim como o método do ponto mais próximo, é de simples construção. Contudo, o método do ponto mais distante

proporciona resultados mais eficientes. Este procedimento é exemplificado pela Figura 4 e pode ser cumprido de acordo com as seguintes etapas:

- 1) Assim como no método anterior, definir, arbitrariamente, o primeiro ponto, a partir do qual devem ser iniciadas as rotas.
- 2) A partir deste ponto definido, procurar, entre os demais, o ponto mais distante e, assim, traça-se a primeira rota entre eles.
- 3) Posteriormente, definir, entre os pontos restantes, aquele que está mais distante da rota traçada anteriormente, e, então, traça-se uma nova rota incluindo os três pontos.
- 4) Realizar este procedimento para todos os pontos, até que todos eles sejam compreendidos.

Ambos os métodos são simples e, ao serem aplicados para problemas mais complexos que envolvam muitos clientes, devem ser assistidos por meio do uso de computadores.

Figura 4 – Exemplo de aplicação do método do ponto mais distante



Fonte: Novaes (2007)

2.2.1.2 Métodos de melhoria do roteiro

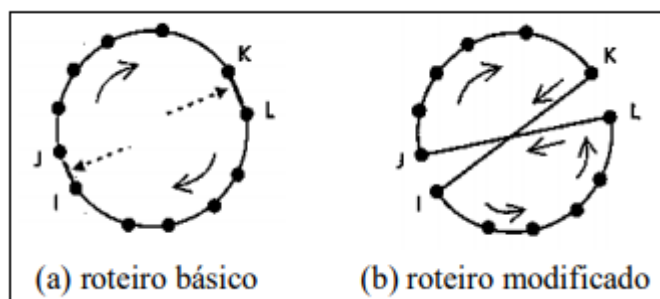
De acordo com Toigo *et al.* (2007), os métodos de melhoria do roteiro possuem como propósito o aperfeiçoamento de um resultado já existente, obtido por meio de outro método. Segundo Cunha *et al.* (2002), em geral os métodos mais conhecidos são o 2-opt e o 3-opt.

2.2.1.2.1 Método 2-opt

O método 2-opt é um método de melhoria e foi proposto por Croes em 1958 (PRESTES, 2006) e pode ser representado pela Figura 5. Segundo Lin e Kernighan (1971), este procedimento pode ser descrito pelas seguintes etapas:

- 1) Escolher arbitrariamente duas rotas de um roteiro já definido a partir de outro método;
- 2) Substituí-las por outras duas maneiras de conexão.
- 3) Após realizar esta troca, verificar se o novo percurso proposto tem extensão superior ou inferior ao percurso original.
- 4) Caso seja inferior, adotar o novo percurso como referencial de comparação e continuar repetindo este procedimento para as demais ligações. Caso seja superior, deve-se manter o percurso original como parâmetro.
- 5) Repetir o procedimento, até que todas as combinações sejam realizadas. Ao finalizar as comparações, será obtido o roteiro otimizado.

Figura 5 – Exemplo de aplicação do método de melhoria 2-opt

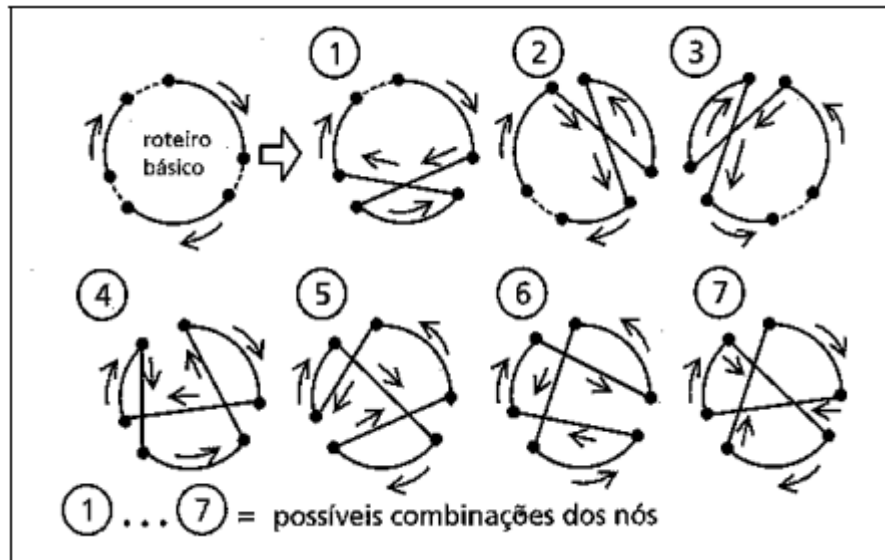


Fonte: Novaes (2007)

2.2.1.2.2 Método 3-opt

O método 3-opt assemelha-se ao método 2-opt, contudo, em vez de serem trocadas duas rotas, são trocadas três, assim como mostra a Figura 6. Este método além de ser mais complexo que o anterior é também mais eficaz, por proporcionar resultados com maior precisão.

Figura 6 – Exemplo de aplicação do método de melhoria 3-opt



Fonte: Novaes (2007)

2.2.2 Métodos com restrição

De acordo com Gomes e Ribeiro (2014), problemas de roteirização de veículos envolvem três questões principais: decisões, objetivos e restrições. As decisões dizem respeito ao cliente e, entre elas, destacam-se o agrupamento de clientes a serem atendidos, os recursos – materiais, meios de transporte e funcionários – e a programação da distribuição. Já os objetivos referem-se ao nível de serviço e aos custos e as restrições estão relacionadas às limitações existentes de acordo com os recursos disponíveis – prazos de entrega, capacidade dos veículos, jornadas de trabalho, velocidade, entre outros.

Em geral, os problemas de distribuição física envolvem situações em que não é possível separar os clientes em grupos e, por isso, nestes casos, existem limitações relacionadas ao tempo e à capacidade do meio de transporte. Estas restrições são responsáveis pela a maior parte dos problemas da distribuição física (NOVAES, 1989). Existem diversos métodos de roteirização elaborados com o objetivo de atender a essas restrições e, entre eles, destacam-se o método de Varredura e o método de Clarke e Wright.

2.2.2.1 Método de Varredura

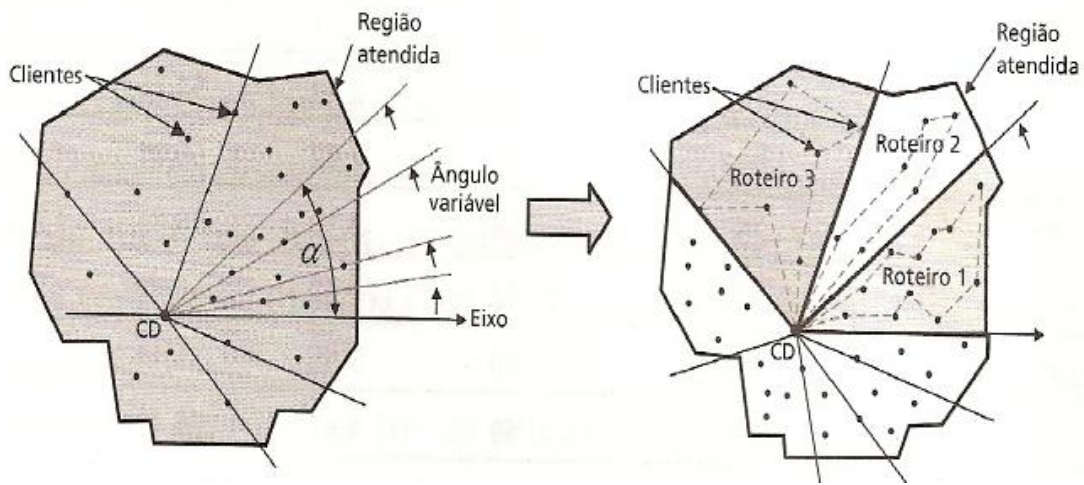
De acordo com Alencar *et al.* (2015), o método da Varredura é também chamado de *Sweep Algorithm* e é constituído por duas etapas: primeiramente, propõe-se o agrupamento dos pontos de atendimento de acordo com critérios de proximidade e, por último, soluciona-se individualmente de cada grupo.

Este método é simples e apresenta uma taxa média de erro de 10%, quando comparado a um modelo ideal de solução (BALLOU, 2006). Apesar disso, este procedimento permite encontrar rotas de maneira rápida, devido ao fato de ele ser de fácil aplicação, podendo até mesmo ser realizado sem o auxílio do computador. Assim, esta é uma vantagem, considerando que as empresas possuem prazos curtos para realizar o estudo das rotas, pois, em geral, a distribuição deve ser iniciada em um momento próximo ao recebimento das informações referentes aos pedidos.

Contudo, uma desvantagem deste método está relacionada ao fato de ele não considerar apropriadamente o tempo total do percurso e os intervalos de tempo entre as paradas. A Figura 7 auxilia a compreensão do método da Varredura que, de acordo com Novaes (2007), consiste em:

- 1) Distribuir os pontos de entrega e distribuição do problema em questão, de maneira visual e em escala;
- 2) Estabelecer um eixo que passe pelo centro de distribuição, tornando este ponto o ponto da origem (0,0);
- 3) Girar o eixo horizontal (abscissa) no sentido horário ou anti-horário, até que ele atinja um ponto referente a um cliente;
- 4) Analisar os dados referentes a esse cliente, observando se a sua carga e o seu tempo de descarga excedem as restrições de tempo e de capacidade do problema em questão;
- 5) Caso essas restrições sejam atendidas, este cliente deve ser incluído no roteiro, Caso alguma delas, ou as duas, não seja atendida, um novo roteiro deve ser criado para atender este cliente;
- 6) Repetir as etapas 3, 4 e 5 para todos os clientes, até que todos sejam atendidos;
- 7) Utilizar um método de melhoria para cada um dos roteiros, de modo a otimizar suas rotas.

Figura 7 – Exemplo de aplicação do método de Varredura



Fonte: Novaes (2007)

2.2.2.2 Método de Clarke e Wright

O método de Clarke e Wright também é chamado de método das Economias ou Ganhos. Este método é mais eficaz que o da Varredura, pois apresenta pequena probabilidade de erro, aproximadamente 2%, é consideravelmente rápido quando auxiliado por computadores e permite obter como resultado os roteiros otimizados, isto é, os menores trajetos percorridos pelo veículo (BALLOU, 2006).

Segundo Clarke e Wright (1964), este método procura identificar os roteiros otimizados a serem desempenhados por uma frota de veículos de diferentes capacidades, utilizados para realizar entregas a partir de um depósito para um grande número de clientes. Assim, são encontradas as rotas mais curtas entre dois pontos do sistema.

Adicionalmente, segundo Luna *et al.* (2015), o método de Clarke e Wright permite a análise de problemas com razoável número de paradas e com grande quantidade de restrições. Além disso, ele busca a redução da frota, o que possibilita minimização dos custos operacionais.

Este método é mais preciso e complexo que o método de Varredura, pode ser exemplificado pela Figura 8 e demonstrado pelas seguintes etapas:

- 1) Listar todas as combinações possíveis – dois a dois – entre os pontos de entrega, os quais representam os clientes a serem atendidos;

- 2) Definir para cada uma destas combinações o seu valor de “ganho”. O ganho no método Clarke e Wright baseia-se nas distâncias entre os clientes e o Centro de Distribuição e é definido de acordo com o seguinte cálculo:

$$(1) \text{ Ganho} = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j}$$

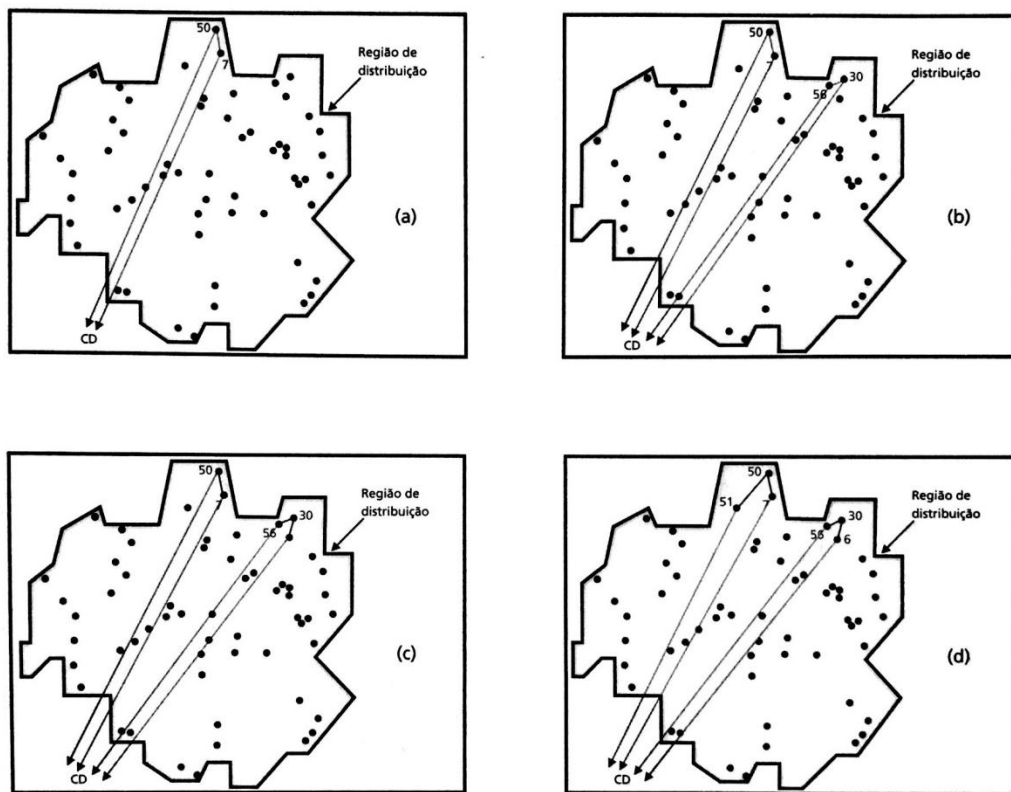
Sendo D o Centro de Distribuição e em que i e j representam os clientes.

Essa fórmula visa encontrar a menor distância possível a ser percorrida para o atendimento de todos os clientes.

- 3) Organizar todos os valores dos ganhos encontrados para cada combinação, em ordem decrescente;
- 4) Iniciando pela primeira combinação de pontos, com maior ganho, criar um roteiro que atenda esses dois pontos;
- 5) Analisar a combinação seguinte, ainda de acordo com a ordem decrescente de ganhos. Caso:
- Nenhum dos pontos desta combinação tenham sido incluídos em algum roteiro, criar um novo roteiro.
 - Somente um dos pontos já tenha sido atendido por algum roteiro anterior, deve-se verificar se este ponto se encontra na extremidade do roteiro ao qual ele pertence. Dessa maneira:
 - Se positivo, esta combinação de pontos deve então ser adicionada à extremidade adequada, desde que as restrições de tempo e capacidade sejam obedecidas. Se as restrições não forem obedecidas, ela deve ser descartada, passando para a próxima da sequência.
 - Se negativo, esta combinação não deve ser usada, então, passar para o próximo par de pontos.
 - Os dois pontos da combinação já estejam incluídos em algum roteiro, deve-se verificar se ambos se encontram na extremidade dos roteiros aos quais pertencem. Assim:
 - Se positivo, estes roteiros podem ser unidos, desde que as restrições de tempo e capacidade sejam obedecidas. Se as restrições não forem obedecidas, esta combinação deve ser descartada, passando para a próxima da sequência.
 - Se negativo, esta combinação não deve ser usada, passando, então, para o próximo par de pontos.

- 6) Repetir a etapa 5 para todos os pares de pontos, respeitando a ordem decrescente dos valores de ganhos, garantindo, assim, que todos os clientes sejam atendidos.

Figura 8 – Exemplo de aplicação do método de Clarke e Wright



Fonte: Novaes (2007)

2.2.3 Aplicações dos métodos de roteirização

O presente trabalho tem como objetivo, mencionado anteriormente, encontrar rotas adequadas ao problema em questão a partir da aplicação de método de roteirização e, posteriormente, realizar simulações para o dimensionamento das frotas e mensuração dos custos de transporte relacionados à distribuição, visando fornecer insumos que deem suporte para as tomadas de decisão.

Pode-se observar que tais simulações foram realizadas em outros estudos de caso que estão presentes na literatura, como o trabalho de Leite *et al.* (2017) que comparou a utilização de dois tipos diferentes de veículos, com capacidades distintas,

para encontrar a alternativa mais atrativa, baseando-se no atendimento eficiente das demandas e nos custos envolvidos. Há também o estudo de Alves *et al.* (2004) que propôs um novo modelo com quantidade diferente de veículos e realizou uma comparação entre este modelo proposto e o modelo existente, contrastando as vantagens e desvantagens de cada um, referentes à distância percorrida, tempo, operadores, número de veículos e custos fixos e variáveis. Assim, foi ressaltado que haveria redução de 24% da distância percorrida e de 25% do número de veículos e de operadores necessários.

Além disso, Guerreiro *et al* (2017) realizaram uma proposta de dimensionamento de frota de veículos de uma distribuidora que atende toda a região nordeste, com o objetivo de minimizar os custos totais de transporte e, além disso, sugerir o tipo de caminhão adequado a cada cliente para entrega dos pedidos. Ao final, observaram os resultados obtidos e, assim, notou-se possível redução de 59% dos custos de transporte. Da mesma forma, Fabrício e Subramanian (2008) fizeram um estudo sobre o dimensionamento de frota para distribuição de mercadorias de uma indústria de bebidas para suas filiais. Seus resultados alcançados evidenciaram uma proposta de diminuição de 12% dos custos totais de transporte.

Similarmente, é possível encontrar na literatura, diversos trabalhos de pesquisa em que foram aplicados os métodos de roteirização apresentados.

Entre estes trabalhos, permite-se mencionar o estudo realizado por Giordani e Bau (2014) em que foi utilizado o método de construção do vizinho mais próximo para encontrar as melhores rotas a serem percorridas em uma empresa de transporte escolar. Após a aplicação do método de roteirização, observou-se que foi possível reduzir em 13% a distância percorrida pelo veículo. Assim, os autores afirmaram que esta redução possibilitaria a diminuição do tempo e custos para a empresa.

Além disso, outro trabalho presente na literatura, elaborado por Souza *et al.* (2014), descreve a aplicação do método de Varredura para identificação e proposição de rotas otimizadas para a distribuição de mercadorias, com o objetivo de abastecer vinte centros de distribuição de uma determinada empresa situada em São Paulo. Posteriormente à obtenção dos resultados, eles foram comparados aos dados referentes ao modelo executado pela organização. Assim, foi possível notar uma

redução de 20% da distância percorrida e de 71,8% da quantidade de veículos utilizados.

Da mesma forma, o estudo de Alencar *et al.* (2015) contribui para a literatura ao dissertar sobre a utilização do método de Varredura para uma empresa de artigos de sono, cujo objetivo consistiu em definir e sugerir novas rotas de entrega de produtos para a indústria em questão, localizada em Natal. Assim, este trabalho propôs à empresa roteiros de distribuição que minimizem as distâncias entre os pontos a serem atendidos, reduzam os tempos de entrega e maximizem a utilização da capacidade dos veículos.

Já os autores Luna *et al.* (2015) realizaram a aplicação do método de Clarke e Wright para encontrar possível redução de custos e tempo a partir da otimização das rotas de distribuição em uma empresa produtora de sanduíches, em Florianópolis. Ao utilizarem o método, concluíram que era possível diminuir o número de veículos utilizados para suprir a demanda dos clientes e reduzir em, aproximadamente, 25% os custos de transporte e em 15% o tempo de entrega.

Adicionalmente, Melo *et al.* (2015) também utilizaram em sua pesquisa o método de Clarke e Wright para encontrar as melhores soluções para a roteirização de uma empresa de ônibus. De acordo com os autores, os resultados mostraram que a aplicação do método proporcionou a obtenção de maior eficiência das operações, gerando melhorias no aspecto econômico e nos níveis de serviço da empresa. Assim, o estudo comparou os dados já existentes na empresa e os resultados alcançados após a aplicação do método, concluindo que houve redução de 9% entre as distâncias percorridas, de 20% dos custos e 22% dos tempos de transporte.

Similarmente, Dantas *et al.* (2016) descreveram seu trabalho de pesquisa cujo objetivo era reduzir o custo de transporte por meio da aplicação prática da roteirização em uma empresa brasileira de medição de energia. Para isso, buscou-se encontrar os roteiros mais adequados para realização de leitura de aparelhos e definir o dimensionamento da equipe de técnicos necessária para a atividade. O método utilizado pelos autores foi o método de Clarke e Wright, o qual apresentou melhores resultados que aqueles obtidos em momentos anteriores pela empresa, otimizando a utilização de recursos e o seu processo de contratação de funcionários.

De outro modo, Junior *et al.* (2016) utilizaram o método de Clarke e Wright buscando a otimização dos roteiros de transporte de trabalhadores em uma empresa na região metropolitana de Fortaleza e, posteriormente, foi aplicado o método de melhoria 3-opt, em que foram reduzidas as ineficiências das rotas. Ao comparar os resultados obtidos, os autores mencionaram que, após a aplicação do método 3-opt, houve redução de 15% do comprimento do percurso, quando comparado ao percurso originalmente utilizado pela empresa. Contudo, ao contrastar o percurso do modelo original com os resultados obtidos somente com a aplicação do método de Clarke e Wright, notou-se que as rotas não apresentaram melhorias significativas.

Finalmente, pode-se ressaltar também a pesquisa realizada por Kinochita e Maiellaro (2011), que objetivava a redução da distância percorrida pelos veículos de uma empresa de transporte escolar da cidade de São Paulo. Para cumprir este objetivo, foi realizada a aplicação do método de Varredura seguido pelo método de melhoria 2-opt. Após a obtenção dos resultados, observou-se que foi alcançada redução de 17% na distância percorrida, quando comparada à situação inicial do problema, e de 20% no número de veículos necessários. Contudo, os autores observaram que, praticamente, não houve diferença entre os resultados obtidos antes e depois da aplicação do método de melhoria 2-opt, tendo este trazido os mesmos valores que aqueles obtidos pelo método de Varredura.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização da empresa

O presente trabalho consistiu no estudo da distribuição de mercadorias referente a uma empresa responsável pela entrega de produtos de higiene pessoal. O fabricante dos produtos enfrenta problemas logísticos e financeiros que dificultam ou inviabilizam a entrega de mercadorias – como insuficiência de frota, estrutura limitada dos clientes para receber caminhões de grande porte e custo operacional elevado. Por isso, optou-se pela terceirização de tal serviço a ser realizado por uma distribuidora da região.

Sabe-se que, atualmente, a distribuidora cumpre as entregas por meio da utilização de frota própria. Dessa forma, são utilizados dois tipos de caminhão: Caminhões Toco e Veículos Urbanos de Carga (VUC). Os Caminhões Toco apresentam um eixo simples suportando a carroceria e sua capacidade é de seis toneladas, com comprimento máximo de 14 metros. Já os Veículos Urbanos de Carga são de pequeno porte, sendo mais apropriado para áreas urbanas, com comprimento máximo de 6,3 metros e possuem limite de três toneladas. A empresa está localizada atualmente em Taguatinga-DF, na QI 19.

Esta pesquisa procurou encontrar uma maneira adequada de distribuição das mercadorias – pacotes de fraldas infantis – por meio da aplicação do método de roteirização Clarke e Wright. Esse método foi escolhido devido ao fato de ser apropriado às especificidades do problema, o qual apresenta restrições e possui apenas um centro de distribuição para atender diversos clientes, todos localizados em área urbana. Além disso, é um método bastante utilizado e, assim, possui extensa bibliografia.

Para isso, foram utilizados como base os dados de demanda da empresa no mês de abril de 2017. Essa demanda está organizada de acordo com cada cliente e, além disso, há também o registro do endereço de cada ponto de entrega.

Dessa forma, obteve-se o registro de demanda de 538 clientes a serem atendidos. Posteriormente, foi realizada uma priorização dos clientes, de acordo com o Princípio de Pareto, que representam 80% da demanda mensal da empresa, elaborando-se, assim, análise de 42 clientes priorizados. A Tabela 1 representa a

demanda de cada um desses clientes e a Figura 9 apresenta a distribuição deles no mapa. O endereço completo de cada cliente encontra-se no Apêndice A.

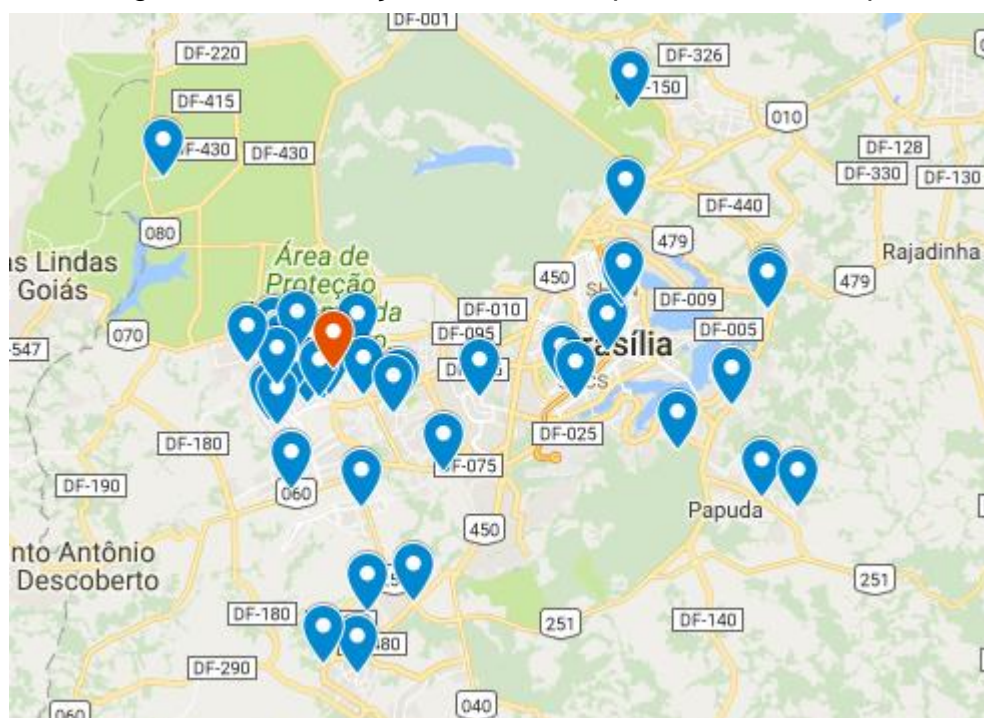
Tabela 1 - Demandas dos clientes priorizados (mensal)

Cliente	Demanda (pacotes)	Localidade
Centro de Distribuição	-	Taguatinga
Cliente 1	36.180	Ceilândia
Cliente 2	6.975	Gama
Cliente 3	5.603	Ceilândia
Cliente 4	5.367	Ceilândia
Cliente 5	5.146	Riacho Fundo I
Cliente 6	5.129	Ceilândia
Cliente 7	5.126	Samambaia
Cliente 8	5.065	Ceilândia
Cliente 9	5.045	Recanto das Emas
Cliente 10	4.482	Brazlândia
Cliente 11	4.382	Gama
Cliente 12	4.161	Taguatinga
Cliente 13	3.920	Guara I
Cliente 14	3.658	Ceilândia
Cliente 15	3.573	São Sebastiao
Cliente 16	3.457	Taguatinga
Cliente 17	3.216	Ceilândia
Cliente 18	3.196	Ceilândia
Cliente 19	3.166	Sobradinho
Cliente 20	3.116	Jardim Botânico
Cliente 21	2.975	Lago Norte
Cliente 22	2.935	Ceilândia
Cliente 23	2.935	Paranoá
Cliente 24	2.884	Taguatinga
Cliente 25	2.884	Taguatinga
Cliente 26	2.874	Taguatinga
Cliente 27	2.874	Ceilândia
Cliente 28	2.794	Gama
Cliente 29	2.653	Taguatinga
Cliente 30	2.464	Asa Sul
Cliente 31	2.380	Guara II
Cliente 32	2.360	Águas Claras
Cliente 33	2.079	Asa Norte
Cliente 34	1.970	Setor Oeste
Cliente 35	1.809	Paranoá
Cliente 36	1.693	São Sebastiao
Cliente 37	1.529	Asa Norte
Cliente 38	1.508	Ceilândia

Cliente	Demanda (pacotes)	Localidade
Cliente 39	1.236	Vicente Pires
Cliente 40	1.228	Asa Sul
Cliente 41	1.213	Águas Claras
Cliente 42	975	Lago Sul

Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 9 – Distribuição dos clientes priorizados no mapa



Fonte: Google Maps (2018)

3.2 Método de Clarke e Wright

Após definida a carteira de clientes a ser estudada, foram levantadas todas as combinações possíveis – dois a dois – dos 42 clientes, para posterior identificação das distâncias entre cada par dos pontos de entrega, estabelecendo-se, assim, a matriz de distâncias. Além disso, foi calculada, também, a distância real de cada um dos 42 pontos até o Centro de Distribuição. A Tabela 2 representa, de maneira reduzida, a matriz de distâncias definida para todos os pontos de atendimento.

Tabela 2 – Matriz de distâncias (reduzida)

Cliente	CD	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6	Cliente 7
CD	-	5,1 km	20,4 km	5,5 km	6,6 km	15,5 km	5 km	14,1 km
Cliente 1	-	-	22,7 km	2,3 km	3,4 km	19,8 km	1,7 km	12,1 km
Cliente 2	-	-	-	23,2 km	26,3 km	18,5 km	24,5 km	18,7 km
Cliente 3	-	-	-	-	3,9 km	16,1 km	2,2 km	11,4 km
Cliente 4	-	-	-	-	-	19,2 km	1,4 km	14,5 km
Cliente 5	-	-	-	-	-	-	18 km	13,7 km
Cliente 6	-	-	-	-	-	-	-	13,1 km

Fonte: Próprio autor (2018)

Para realizar o estudo de roteirização, foram determinadas algumas premissas ao problema. Dessa forma, foram estabelecidas duas limitações que deveriam ser atendidas: o limite de capacidade dos veículos utilizados e o tempo máximo de ciclo de entregas.

Primeiramente, foram definidos os veículos a serem utilizados para a simulação da distribuição, tornando possível a determinação do limite de capacidade que deveria ser atendido. Assim, foram considerados os dois tipos de veículos já utilizados pela empresa e acrescentado um terceiro com capacidade intermediária. Para cada um deles, foi realizada uma simulação diferente. Esses veículos foram:

- Caminhões com capacidade de 3 toneladas – Veículos Urbanos de Carga (VUC)
- Caminhões com capacidade de 4,5 toneladas
- Caminhões com capacidade de 6 toneladas – Caminhões-Toco

Adicionalmente, foram definidos os tempos de ciclo das entregas em oito horas diárias, cinco dias por semana, as quais restringiram as entregas de cada roteiro. Essa definição se deu devido ao fato de ter sido considerado que as entregas são realizadas em horário comercial e à jornada de trabalho do motorista. Além das restrições, foram assumidos os tempos necessários para carregamento e descarregamento das mercadorias nos caminhões. Para cada um deles, carregamento e descarregamento, foi definida como necessária uma hora para sua execução.

É válido ressaltar que, para os tempos calculados entre clientes e entre cada um deles e o Centro de Distribuição, foi utilizado o Google Maps, de modo a obter o tempo mais próximo do real.

Ademais, também se faz importante mencionar que, como o registro de demandas dos clientes obtido está estipulado em quantidade de pacotes, foi feita uma estimativa para definir a média da massa de cada pacote do produto em questão para obter as demandas em quilogramas. Para isso, foram realizadas pesquisas em site de vendas online em que foi possível encontrar as características do produto e, dessa forma, chegou-se ao peso de 1,07 kg para cada pacote a ser entregue.

Além disso, devido ao fato de as demandas registradas serem mensais, elas foram divididas por quatro para se obter uma demanda semanal. A Tabela 3 representa as demandas semanais (em quilogramas), utilizadas nas simulações.

Tabela 3 - Demandas dos clientes priorizados (semanal)

Cientes	Demanda semanal (Kg)	Cientes	Demanda semanal (Kg)
Cliente 1	9.705	Cliente 22	787
Cliente 2	1.871	Cliente 23	787
Cliente 3	1.503	Cliente 24	774
Cliente 4	1.440	Cliente 25	774
Cliente 5	1.380	Cliente 26	771
Cliente 6	1.376	Cliente 27	771
Cliente 7	1.375	Cliente 28	749
Cliente 8	1.359	Cliente 29	712
Cliente 9	1.353	Cliente 30	661
Cliente 10	1.202	Cliente 31	638
Cliente 11	1.175	Cliente 32	633
Cliente 12	1.116	Cliente 33	558
Cliente 13	1.051	Cliente 34	528
Cliente 14	981	Cliente 35	485
Cliente 15	958	Cliente 36	454
Cliente 16	927	Cliente 37	410
Cliente 17	863	Cliente 38	404
Cliente 18	857	Cliente 39	332
Cliente 19	849	Cliente 40	329
Cliente 20	836	Cliente 41	325
Cliente 21	798	Cliente 42	262

Fonte: Próprio autor (2018)

Dessa maneira, os roteiros foram construídos por meio da conexão dos pontos de atendimento, respeitando as limitações de carga e de tempo, por meio da utilização do método de Clarke e Wright.

A aplicação do método foi iniciada após a definição e registro de todas as distâncias, limitações e premissas, já mencionadas. Dessa maneira, primeiramente, conforme previsto na metodologia, foram calculados os ganhos, com base nas distâncias encontradas e por meio da aplicação da Equação 1. A Tabela 4 representa, de maneira reduzida, a matriz de ganhos definida.

Tabela 4 – Matriz de ganhos (reduzida)

Cliente	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6	Cliente 7
Cliente 1	-	2,8 km	8,3 km	8,3 km	0,8 km	8,4 km	7,1 km
Cliente 2	-	-	2,7 km	0,7 km	17,4 km	0,9 km	15,8 km
Cliente 3	-	-	-	8,2 km	4,9 km	8,3 km	8,2 km
Cliente 4	-	-	-	-	2,9 km	10,2 km	6,2 km
Cliente 5	-	-	-	-	-	2,5 km	15,9 km
Cliente 6	-	-	-	-	-	-	6 km

Fonte: Próprio autor (2018)

Posteriormente, todos esses ganhos foram hierarquizados conforme classificação decrescente dos valores, ordenando, igualmente, os pares correspondentes. A Tabela 5 ilustra de maneira reduzida os ganhos classificados do maior valor para o menor.

Tabela 5 – Matriz de ganhos hierarquizados (reduzida)

Ordem Decrescente		
Par		Ganho (km)
Cliente 15	Cliente 36	88,2
Cliente 23	Cliente 35	86,3
Cliente 20	Cliente 36	79,8
Cliente 15	Cliente 20	78,5
Cliente 20	Cliente 42	74
Cliente 36	Cliente 42	72,6
Cliente 20	Cliente 35	69,7
Cliente 35	Cliente 36	66,1
Cliente 35	Cliente 42	66,1
Cliente 20	Cliente 23	65,7
Cliente 23	Cliente 42	63,5
Cliente 23	Cliente 36	63,5
Cliente 19	Cliente 35	60,9
Cliente 19	Cliente 23	58
Cliente 21	Cliente 35	57,1

Fonte: Próprio autor (2018)

3.2.1 Simulação 1

Após cumprimento de todos os passos do método de Clarke e Wright, atendendo à hierarquia de ganhos e às limitações de carga e de tempo – oito horas – notou-se que, para a primeira simulação, que utilizou as características dos Veículos Urbanos de Carga (VUC), cuja capacidade máxima é de três toneladas, foram encontrados 17 roteiros para a entrega dos produtos aos clientes.

A Tabela 6 mostra que o Cliente 1, por possuir grande demanda de produtos, teve de ter sua entrega dividida em quatro rotas diferentes – rotas 8, 11, 12 e 13. Além disso, percebeu-se que é possível unir determinadas rotas no mesmo dia, considerando que elas atingiram o limite de capacidade do veículo, contudo não alcançaram a restrição de tempo. Assim, é viável sugerir a união dos roteiros 5 e 14, 9 e 16, 10 e 17 e 11,12 e 13, para serem entregues pelo mesmo caminhão no mesmo dia, fazendo duas viagens.

Tabela 6 – Roteiros (Simulação 1)

Roteiros (VUC)			
Roteiro	Rota (Clientes)	Carga (Kg)	Tempo (h)
1	0 - 15 - 36 - 20 - 42 - 0	2.510	7,32
2	0 - 21 - 23 - 35 - 19 - 0	2.920	6,92
3	0 - 33 - 37 - 30 - 40 - 31 - 0	2.597	7,63
4	0 - 13 - 11 - 28 - 0	2.976	5,78
5	0 - 7 - 9 - 0	2.728	3,75
6	0 - 39 - 5 - 32 - 41 - 0	2.670	6,05
7	0 - 14 - 22 - 17 - 0	2.631	4,60
8	0 - 1 - 34 - 10 - 38 - 0	3.000	6,47
9	0 - 3 - 18 - 0	2.360	3,47
10	0 - 29 - 8 - 27 - 0	2.841	4,68
11	0 - 1 - 0	3.000	2,47
12	0 - 1 - 0	3.000	2,47
13	0 - 1 - 0	2.840	2,47
14	0 - 4 - 6 - 0	2.815	3,50
15	0 - 26 - 16 - 24 - 0	2.472	4,37
16	0 - 12 - 25 - 0	1.890	3,45
17	0 - 2 - 0	1.871	2,90

Fonte: Próprio autor (2018)

Por último, pode-se concluir que as entregas semanais poderiam ser realizadas por meio da utilização de três caminhões. A Tabela 7 apresenta a simulação distribuída com uma proposta de horários de entrega para cada roteiro, considerando

que a jornada de trabalho é de 8h às 18h com duas horas de almoço. Assim, foi considerado que não haveria deslocamento durante essa pausa. Além disso, essa proposta é apresentada unindo os roteiros em um único dia, quando possível.

Tabela 7 – Horários de entrega (Simulação 1)

Roteiros					
Roteiro	Ponto de parada	Chegada	Tempo de parada	Saída	Tempo de deslocamento
1	Sede	-	1h	9h	51min
	Cliente 15	9h51	1h	10h51	10min
	Cliente 36	11h01	1h	12h01	-
	Pausa	12h01	2h	14h01	20min
	Cliente 20	14h21	1h	15h21	8min
	Cliente 42	15h29	1h	16h29	50min
	Sede	17h19	-	-	-
2	Sede	-	1h	9h	28min
	Cliente 21	9h 28	1h	10h 28	18min
	Cliente 23	10h 46	1h	11h 46	-
	Pausa	11h46	2h	13h46	2min
	Cliente 35	13h48	1h	14h48	22min
	Cliente 19	15h10	1h	16h10	46min
	Sede	16h56	-	-	-
3	Sede	-	1h	9h	34min
	Cliente 33	9h34	1h	10h34	5min
	Cliente 37	10h39	1h	11h39	-
	Pausa	11h39	2h	13h39	11min
	Cliente 30	13h50	1h	14h50	11min
	Cliente 40	15h01	1h	16h01	20min
	Cliente 31	16h21	1h	17h21	17min
	Sede	17h38	-	-	-
4	Sede	-	1h	9h	22min
	Cliente 13	9h22	1h	10h22	31min
	Cliente 11	10h53	1h	11h53	-
	Pausa	11h53	2h	13h53	21min
	Cliente 28	15h14	1h	16h14	33min
	Sede	16h47	-	-	-

Roteiro	Ponto de parada	Chegada	Tempo de parada	Saída	Tempo de deslocamento
5 e 14	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 7	9h15	1h	10h15	9min
	Cliente 9	10h24	1h	11h24	21min
	Sede	11h45	1h	12h45	-
	Pausa	12h45	2h	14h45	15min
	Cliente 4	15h	1h	16h	2min
	Cliente 6	16h02	1h	17h02	13min
	Sede	17h15	-	-	-
6	Sede	-	1h	9h	10min
	Cliente 39	9h10	1h	10h10	16min
	Cliente 5	10h26	1h	11h26	17min
	Cliente 32	11h43	1h	12h43	-
	Pausa	12h43	2h	14h43	2min
	Cliente 41	14h45	1h	15h45	18min
	Sede	16h03	-	-	-
7	Sede	-	1h	9h	16min
	Cliente 14	9h16	1h	10h16	3min
	Cliente 22	10h19	1h	11h19	7min
	Cliente 17	11h26	1h	12h26	10min
	Sede	12h36	-	-	-
8	Sede	-	1h	9h	14min
	Cliente 1	9h14	1h	10h14	3min
	Cliente 34	10h17	1h	11h17	27min
	Cliente 10	11h44	1h	12h44	-
	Pausa	12h44	2h	14h44	28min
	Cliente 38	15h12	1h	16h12	16min
	Sede	16h28	-	-	-
9 e 16	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 3	9h15	1h	10h15	0
	Cliente 18	10h15	1h	11h15	10min
	Sede	11h25	1h	12h25	-
	Pausa	12h25	2h	14h25	8min
	Cliente 12	14h33	1h	15h33	11min
	Cliente 25	15h44	1h	16h44	8min
	Sede	16h52	-	-	-

3.2.2 Simulação 2

A segunda simulação, feita com o veículo de capacidade máxima de quatro toneladas e meia, trouxe como resultado 12 rotas sugeridas para atender às demandas de distribuição para os 42 clientes.

A Tabela 8 mostra que a demanda do Cliente 1 precisou, novamente, ser dividida em mais de uma rota – rotas 8, 10 e 11. Nesse caso, as rotas referentes somente a esse cliente – rotas 10 e 11 – poderiam ser unidas para serem realizadas em um único dia pelo mesmo caminhão, pois, apesar de terem atingido a restrição de capacidade, não atingiram o limite de tempo de oito horas diárias.

Tabela 8 – Roteiros (Simulação 2)

Roteiros (Capacidade: 4,5 t)			
Roteiro	Rota (Clientes)	Carga (Kg)	Tempo (h)
1	0 - 15 - 36 - 20 - 42 - 0	2.510	7,32
2	0 - 13 - 21 - 23 - 35 - 19 - 0	3.971	7,82
3	0 - 33 - 37 - 30 - 40 - 31 - 0	2.597	7,63
4	0 - 2 - 11 - 28 - 0	3.796	5,53
5	0 - 7 - 9 - 5 - 39 - 0	4.440	6,07
6	0 - 12 - 32 - 41 - 26 - 0	2.846	5,72
7	0 - 27 - 8 - 14 - 22 - 0	3.898	5,75
8	0 - 4 - 10 - 38 - 34 - 1 - 0	4.500	7,31
9	0 - 3 - 18 - 17 - 29 - 0	3.935	5,58
10	0 - 1 - 0	4.500	2,47
11	0 - 1 - 0	4.280	2,47
12	0 - 25 - 6 - 16 - 24 - 0	3.851	5,60

Fonte: Próprio autor (2018)

Assim como na simulação 1, foi possível concluir que as entregas semanais poderiam ser realizadas por meio da utilização de três caminhões. A Tabela 9 apresenta a simulação distribuída com uma proposta de horários de entrega para cada roteiro, considerando que a jornada de trabalho é de 8h às 18h com duas horas de almoço. Assim, foi considerado que não haveria deslocamento durante essa pausa. Além disso, essa proposta é apresentada unindo os roteiros em um único dia, quando possível.

Tabela 9 – Horários de entrega (Simulação 2)

Roteiros					
Roteiro	Ponto de parada	Chegada	Tempo de parada	Saída	Tempo de deslocamento
1	Sede	-	1h	9h	51min
	Cliente 15	9h51	1h	10h51	10min
	Cliente 36	11h01	1h	12h01	-
	Pausa	12h01	2h	14h01	20min
	Cliente 20	14h21	1h	15h21	8min
	Cliente 42	15h29	1h	16h29	50min
	Sede	17h19	-	-	-
2	Sede	-	1h	9h	28min
	Cliente 21	9h 28	1h	10h 28	18min
	Cliente 23	10h 46	1h	11h 46	-
	Pausa	11h46	2h	13h46	2min
	Cliente 35	13h48	1h	14h48	22min
	Cliente 19	15h10	1h	16h10	28
	Cliente 13	16h38	1h	17h38	22min
	Sede	18h	-	-	-
3	Sede	-	1h	9h	34min
	Cliente 33	9h34	1h	10h34	5min
	Cliente 37	10h39	1h	11h39	-
	Pausa	11h39	2h	13h39	11min
	Cliente 30	13h50	1h	14h50	11min
	Cliente 40	15h01	1h	16h01	20min
	Cliente 31	16h21	1h	17h21	17min
	Sede	17h38	-	-	-
4	Sede	-	1h	9h	27min
	Cliente 2	9h27	1h	10h27	11min
	Cliente 11	10h38	1h	11h38	21min
	Cliente 28	11h59	1h	12h59	33
	Sede	13h32	-	-	-
5	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 7	9h15	1h	10h15	9min
	Cliente 9	10h24	1h	11h24	14min
	Cliente 5	11h38	1h	12h38	-
	Pausa	12h38	2h	14h38	16min
	Cliente 39	14h54	1h	15h54	10min
	Sede	16h04	-	-	-

Roteiro	Ponto de parada	Chegada	Tempo de parada	Saída	Tempo de deslocamento
6	Sede	-	1h	9h	8min
	Cliente 12	9h08	1h	10h08	13min
	Cliente 32	10h21	1h	11h21	2min
	Cliente 41	11h23	1h	12h23	-
	Pausa	12h23	2h	14h23	13min
	Cliente 26	14h36	1h	15h36	7min
	Sede	15h43	-	-	-
7	Sede	-	1h	9h	14min
	Cliente 27	9h14	1h	10h14	8min
	Cliente 8	10h22	1h	11h22	5min
	Cliente 14	11h27	1h	12h27	-
	Pausa	12h27	2h	14h27	3min
	Cliente 22	14h30	1h	15h30	15min
	Sede	15h45	-	-	-
8	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 4	9h15	1h	10h15	29min
	Cliente 10	10h44	1h	11h44	-
	Pausa	11h44	2h	13h44	28min
	Cliente 38	14h12	1h	15h12	4min
	Cliente 34	15h16	1h	16h16	3min
	Cliente 1	16h19	1h	17h19	14min
	Sede	17h33	-	-	-
9	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 3	9h15	1h	10h15	0
	Cliente 18	10h15	1h	11h15	5min
	Cliente 17	11h20	1h	12h20	-
	Pausa	12h20	2h	14h20	6min
	Cliente 29	14h26	1h	15h26	9min
	Sede	15h35	-	-	-
10 e 11	Sede	-	1h	9h	14min
	Cliente 1	9h14	1h	10h14	14min
	Sede	10h28	1h	11h28	14min
	Cliente 1	11h42	1h	12h42	14min
	Sede	12h56	-	-	-
12	Sede	-	1h	9h	8min
	Cliente 25	9h08	1h	10h08	7
	Cliente 6	10h15	1h	11h15	11
	Cliente 16	11h26	1h	12h26	-
	Pausa	12h26	2h	14h26	3min
	Cliente 24	14h29	1h	15h29	7min
	Sede	15h36	-	-	-

Fonte: Próprio autor (2018)

3.2.3 Simulação 3

Por último, foi realizada simulação com o caminhão-toco, que possui limite de capacidade de seis toneladas. Como sua capacidade máxima é superior à dos demais, notou-se que há menor número de rotas para essa experimentação: 10 roteiros definidos para atender à demanda dos 42 clientes.

Contudo, não seria possível fazer a união de nenhuma das rotas de acordo com o tempo de entrega, pois em todas as combinações a jornada diária de oito horas seria superada. Além disso, novamente, foi necessário dividir o cliente 1 em mais de uma rota, devido ao limite de carga dos caminhões. Assim, sua mercadoria será entregue em 3 rotas diferentes: 7, 8 e 9, como é representado pela Tabela 10.

Tabela 10 – Roteiros (Simulação 3)

Roteiros (Caminhão toco)			
Roteiro	Rota (pontos)	Carga (Kg)	Tempo (h)
1	0 – 15 – 36 – 20 – 42 - 0	2.510	7,32
2	0 – 21 – 23 – 35 – 19 – 13 - 0	3.971	7,98
3	0 – 33 – 37 – 30 – 40 – 31 - 0	2.597	7,63
4	0 – 2 – 11 – 28 – 26 - 0	4.567	6,58
5	0 – 7 – 9 – 5 – 32 – 41 - 0	5.067	7,22
6	0 – 27 – 8 – 14 – 22 – 17 – 29 - 0	5.473	7,87
7	0 – 4 – 10 – 38 – 34 - 1 - 0	6.000	7,54
8	0 – 3 – 18 – 6 - 1 - 0	6.000	5,62
9	0 - 1 - 0	5.016	2,47
10	0 – 25 – 16 – 24 – 12 – 39 - 0	3.923	6,77

Fonte: Próprio autor (2018)

Finalmente, para essa última simulação, percebeu-se que as entregas poderiam ser realizadas por meio da utilização de apenas dois veículos. A Tabela 11 apresenta a simulação distribuída com uma proposta de horários de entrega para cada roteiro, considerando que a jornada de trabalho é de 8h às 18h com duas horas de almoço. Assim, foi considerado que não haveria deslocamento durante essa pausa.

Tabela 11 – Horários de entrega (Simulação 3)

Roteiros					
Roteiro	Ponto de parada	Chegada	Tempo de parada	Saída	Tempo de deslocamento
1	Sede	-	1h	9h	51min
	Cliente 15	9h51	1h	10h51	10min
	Cliente 36	11h01	1h	12h01	-
	Pausa	12h01	2h	14h01	20min
	Cliente 20	14h21	1h	15h21	8min
	Cliente 42	15h29	1h	16h29	50min
	Sede	17h19	-	-	-
2	Sede	-	1h	9h	28min
	Cliente 21	9h 28	1h	10h 28	18min
	Cliente 23	10h 46	1h	11h 46	-
	Pausa	11h46	2h	13h46	2min
	Cliente 35	13h48	1h	14h48	22min
	Cliente 19	15h10	1h	16h10	28
	Cliente 13	16h38	1h	17h38	22min
	Sede	18h	-	-	-
3	Sede	-	1h	9h	34min
	Cliente 33	9h34	1h	10h34	5min
	Cliente 37	10h39	1h	11h39	-
	Pausa	11h39	2h	13h39	11min
	Cliente 30	13h50	1h	14h50	11min
	Cliente 40	15h01	1h	16h01	20min
	Cliente 31	16h21	1h	17h21	17min
	Sede	17h38	-	-	-
4	Sede	-	1h	9h	27min
	Cliente 2	9h27	1h	10h27	11min
	Cliente 11	10h38	1h	11h38	21min
	Cliente 28	11h59	1h	12h59	-
	Pausa	12h59	2h	14h59	29min
	Cliente 26	15h28	1h	16h28	7min
	Sede	16h35	-	-	-
5	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 7	9h15	1h	10h15	9min
	Cliente 9	10h24	1h	11h24	14min
	Cliente 5	11h38	1h	12h38	-
	Pausa	12h38	2h	14h38	14min
	Cliente 32	14h52	1h	15h52	20min
	Sede	16h12	-	-	-

Roteiro	Ponto de parada	Chegada	Tempo de parada	Saída	Tempo de deslocamento
6	Sede	-	1h	9h	14min
	Cliente 27	9h14	1h	10h14	8min
	Cliente 8	10h22	1h	11h22	5min
	Cliente 14	11h27	1h	12h27	-
	Pausa	12h27	2h	14h27	3min
	Cliente 22	14h30	1h	15h30	7min
	Cliente 17	15h37	1h	16h37	6min
	Cliente 29	16h43	1h	17h43	9min
	Sede	17h52	-	-	-
7	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 4	9h15	1h	10h15	29min
	Cliente 10	10h44	1h	11h44	-
	Pausa	11h44	2h	13h44	28min
	Cliente 38	14h12	1h	15h12	4min
	Cliente 34	15h16	1h	16h16	3min
	Cliente 1	16h19	1h	17h19	14min
	Sede	17h33	-	-	-
8	Sede	-	1h	9h	15min
	Cliente 3	9h15	1h	10h15	0
	Cliente 18	10h15	11h15		5min
	Cliente 6	11h20	1h	12h20	-
	Pausa	12h20	2h	14h20	3min
	Cliente 1	14h23	1h	15h23	14min
	Sede	15h37	-	-	-
9	Sede	-	1h	9h	14min
	Cliente 1	9h14	1h	10h14	14min
	Sede	10h28	-	-	-
10	Sede	-	1h	9h	8min
	Cliente 25	9h08	1h	10h08	7min
	Cliente 16	10h15	1h	11h15	3min
	Cliente 24	11h18	1h	12h18	-
	Pausa	12h18	2h	14h18	10min
	Cliente 12	14h28	1h	15h28	8min
	Cliente 39	15h36	1h	16h36	10min
	Sede	16h46	-	-	-

Fonte: Próprio autor (2018)

3.3 Custos totais das alternativas

De acordo com Valente *et al.* (2016), é essencial que a administração de uma empresa possua claro conhecimento a respeito dos custos de operação dos veículos, para que apresente condições de realizar decisões de acordo com seu impacto financeiro. Dessa forma, o gerente deve estabelecer tais custos a serem analisados de modo a fornecer subsídio para tomada de decisões.

Assim, é possível identificar a classificação dos custos de produção de acordo com a análise econômica. Eles podem ser classificados em diretos e indiretos. De acordo com Veiga e Santos (2016), os custos diretos fixos são aqueles que se mantêm constantes, independentemente do nível de atividade da empresa. São eles os custos de depreciação, remuneração de capital, salário dos funcionários, impostos e seguros. Por outro lado, os custos diretos variáveis são alterados conforme a prestação de serviço. Dessa forma, os custos variáveis são compostos por combustível, manutenção, óleo, lavagem, lubrificação e pneus.

Após definir todos os roteiros adequados para a distribuição utilizando os três tipos de caminhão diferentes, foram, então, identificados os custos diretos fixos e variáveis para a utilização de cada um deles, de modo a propor a alternativa mais econômica para este caso. Para isso, foi realizado estudo que buscou valores próximos aos valores reais de cada dispêndio. Todos os gastos foram calculados por mês, para que fosse possível compará-los. Os custos indiretos não foram considerados nesse trabalho.

Para cada simulação foi utilizado um caminhão diferente da linha Delivery da marca Volkswagen. Eles foram determinados de acordo com suas capacidades de carga útil, adequadas ao problema. A escolha dessa marca para realização do estudo se deu pelo fato de ela ser amplamente utilizada no mercado e por essa linha ser empregada para atender às entregas urbanas. Dessa forma, foram utilizados:

- Simulação 1 (capacidade três toneladas): 6-160 Delivery;
Figura 11 - Volkswagen 6-160 Delivery



Fonte: Produtos – Página eletrônica Volkswagen (2018)

- Simulação 2 (capacidade quatro toneladas e meia): 8-160 E Delivery;
Figura 12 - Volkswagen 8-160 E Delivery



Fonte: Produtos – Página eletrônica Volkswagen (2018)

- Simulação 3 (capacidade seis toneladas): 10-160 E Delivery.
Figura 13 - Volkswagen 10-160 E Delivery



Fonte: Produtos – Página eletrônica Volkswagen (2018)

Além disso, para viabilizar a definição dos custos, foram estabelecidas premissas, conforme listado abaixo e detalhado na Tabela 12.

- O preço dos caminhões foi identificado de acordo com o valor encontrado na tabela Fipe (2018), para cada modelo, considerando zero quilômetro rodado;
- O percentual anual de depreciação e a vida útil dos caminhões foram encontrados na tabela de depreciação da Receita Federal (2018);
- O valor da taxa Selic utilizado foi a média para o mês de junho de 2018, de acordo com o Banco Central do Brasil;
- Os valores dos impostos foram baseados nas informações fornecidas pelo Detran-DF (2018) e pela Secretaria de Fazenda do Distrito Federal (2018);
- O gasto com combustível foi estipulado de acordo com o preço médio do diesel no DF para consumidores, no site da ANP (2018), e o cálculo da distância percorrida por cada caminhão por mês;
- Foi identificada a autonomia dos veículos e a quantidade de pneus de cada caminhão, conforme informado pelo representante do fabricante;
- Foi definido o custo de cada pneu utilizado, assim como de lavagem e de recapagem, conforme informado pelo representante do fabricante;
- O índice médio de recapagem foi estabelecido conforme a referência encontrada no livro Gerenciamento de Transportes e Frotas (VALENTE *et al.*, 2016);
- Foi identificada a vida útil dos pneus, conforme informado pelo representante do fabricante;
- Foi definido o valor do salário e encargos do motorista conforme o Banco Nacional de Empregos (2018);
- O preço de manutenção (revisões periódicas) foi obtido conforme as informações fornecidas por representante do fabricante. De acordo com o fabricante, as revisões ocorrem a cada 20 mil quilômetros rodados. A primeira revisão periódica é gratuita, aos 20 mil quilômetros rodados, e a segunda é paga e ocorre aos 40 mil quilômetros. Além disso, as revisões incluem os serviços relacionados à lubrificação e óleo.

Tabela 12 – Componentes dos custos

Componentes	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
Caminhão	6-160 Delivery	8-160 E Delivery	10-160 E Delivery
Preço de cada caminhão	R\$ 138.944,00	R\$ 143.598,00	R\$ 149.714,00
Taxa de depreciação	25%	25%	25%
Taxa Selic	6,4%	6,4%	6,4%
Vida útil do caminhão	4 anos	4 anos	4 anos
Taxa do IPVA (anual)	1%	1%	1%
Licenciamento (anual)	R\$ 70,34	R\$ 70,34	R\$ 70,34
DPVAT (anual)	R\$ 47,66	R\$ 47,66	R\$ 47,66
Preço do diesel	R\$ 3,78	R\$ 3,78	R\$ 3,78
Autonomia	6 Km/L	5,5 Km/L	5 Km/L
Preço do pneu	R\$ 950,00	R\$ 950,00	R\$ 950,00
Quantidade de pneus	6	6	6
Preço de recapagem do pneu	R\$ 510,00	R\$ 510,00	R\$ 510,00
Índice médio de recapagem	2,30	2,30	2,30
Vida útil do pneu novo	85.000 Km	85.000 Km	85.000 Km
Vida útil do pneu recapado	135.000 Km	135.000 Km	135.000 Km
Lavagem	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Período entre cada lavagem	5.000 Km	5.000 Km	5.000 Km
Salário motorista + encargos	R\$ 2.975,00	R\$ 2.975,00	R\$ 2.975,00
Preço de manutenção (revisão periódica - até 40 mil km)	R\$ 970,00	R\$ 970,00	R\$ 970,00

Fonte: Próprio autor (2018)

Os cálculos de cada custo foram realizados de acordo com Pereira (2006), o qual apresenta a definição detalhada dos custos de transporte. Além disso, os cálculos foram também embasados nas definições e informações de Valente *et al.* (2016). As fórmulas utilizadas para os cálculos estão detalhadas na Tabela 13.

O método utilizado foi o método dos Custos Médios Desagregados, o qual se baseia em parâmetros médios de consumo e destaca-se por ser adequado à utilização por empresas de transporte e por permitir o cálculo dos custos em vias urbanas (LETTNIN, 2011).

Tabela 13 – Fórmulas de cálculo dos custos

Custos fixos	Custo de depreciação	$(2) \quad Cd(n) = Vr(n-1) - Vr(n)$ $(3) \quad Vr(n) = P \times (1 - Taxa \text{ de Depreciação})^n$ <p>Em que P = Preço de aquisição, Vr = Valor residual e n = período (ano).</p>
	Custo de remuneração de capital	$(4) \quad Crc = \frac{(P - Vr) \times (Vida \text{ útil} + 1) \times j + Vr \times j}{2 \times Vida \text{ útil} \times 12}$ <p>Em que P = Preço de aquisição, Vr = Valor residual e j = Taxa anual de juros.</p>
	Impostos	$(5) \quad Ci = \frac{Valor \text{ anual}}{12}$
	Custo com pessoal	$(6) \quad Cp = Salários + Encargos$
Custos variáveis	Custo com pneus	$(7) \quad Cpneu = \frac{Quantidade \text{ de pneus } (Vp \times (Vrp \times Imr))}{Vida \text{ útil total do pneu}}$ <p>Em que Vp = Valor de cada pneu, Vrp = Valor de cada recapagem e Imr = Índice médio de recapagens.</p> $Vida \text{ útil total do pneu} = npr \times Imr + npn$ <p>Em que npr = vida média do pneu recapado, Imr = Índice médio de recapagens e npn = vida média do pneu novo</p>
	Custo com lavagem	$(8) \quad Cl = \frac{Preço \text{ da lavagem}}{Quilometragem \text{ entre lavagens}}$
	Custo com combustível	$(9) \quad Cc = \frac{Autonomia}{Preço \text{ do litro do diesel}}$

	Custo com manutenção	$(10) \quad C_m = \frac{Ps \times Im}{\text{Quilometragem entre manutenções}}$ <p>Em que Ps = Preço de aquisição do veículo sem pneus e Im = Índice de manutenção.</p> $(11) \quad Im = \frac{\text{Preço da manutenção durante a vida útil}}{\text{Quilometragem mensal} \times \text{Vida útil em meses}}$
--	-----------------------------	--

Dessa forma, após a aplicação dos cálculos, os valores mensais obtidos foram organizados na Tabela 14, a qual permitiu comparar os resultados referentes às três alternativas. É válido ressaltar que a quilometragem mensal por caminhão foi calculada de acordo com as distâncias obtidas pelos roteiros de cada simulação e a quantidade de caminhões necessária para atender cada situação.

Adicionalmente, para os custos fixos, o cálculo utilizado para a depreciação foi referente ao método de depreciação exponencial, pois, de acordo com Valente *et al.* (2016), esse método proporciona resultados mais realísticos que os demais métodos existentes. Posteriormente, foi calculado o valor mensal médio do custo de depreciação a partir dos custos encontrados para cada ano – até o final de sua vida útil. A taxa anual de juros utilizada foi a taxa Selic. Ademais, os valores identificados para licenciamento, seguro DPVAT e IPVA para os três modelos de veículos foram os mesmos, devido à semelhança dos caminhões.

Além disso, em relação aos custos variáveis, para a obtenção do custo do pneu, foram utilizadas as informações como preço do pneu e da recapagem e a vida útil do pneu, as quais não apresentam variações para os três modelos de veículo utilizados, de acordo com o representante da Volkswagen, e, por isso, não houve distinção nos valores alcançados. Da mesma maneira, o preço e a periodicidade da lavagem são os mesmos para os três caminhões, de acordo com o representante, e, por isso, os valores obtidos foram idênticos. Por outro lado, o custo com combustível foi obtido conforme o preço do diesel e a autonomia de cada caminhão, a qual apresentou certa variação.

Ademais, o custo de manutenção foi calculado de acordo com a quilometragem realizada por um caminhão em cada simulação. Dessa forma, apesar de o custo de

manutenção (revisões periódicas) ser o mesmo para os três modelos utilizados, conforme informado pelo representante, as situações cujos veículos apresentam maior quilometragem, apresentaram menor custo mensal de manutenção por quilômetro – são inversamente proporcionais. Isto ocorre, pois, de acordo com os dados alcançados, nenhum dos caminhões alcançaria 60 mil quilômetros rodados em quatro anos (vida útil) e, por isso, não seria necessária outra revisão.

Tabela 14 – Comparativo dos custos

Custos fixos e variáveis/ mensais				
Custos		Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
Caminhões		6-160 Delivery	8-160 E Delivery	10-160 E Delivery
Quilometragem por caminhão (Km/mês)		883,73	749,47	1.076,40
Custos Fixos (mensal)	Custo de Depreciação	R\$ 1.978,78	R\$ 2.045,06	R\$ 2.132,16
	Custo de Remuneração do Capital	R\$ 345,91	R\$ 357,50	R\$ 372,73
	Licenciamento	R\$ 5,86	R\$ 5,86	R\$ 5,86
	DPVAT	R\$ 3,97	R\$ 3,97	R\$ 3,97
	IPVA	R\$ 115,79	R\$ 119,67	R\$ 124,76
	Custo com Pessoal	R\$ 2.975,00	R\$ 2.975,00	R\$ 2.975,00
	Total por caminhão	R\$ 5.425,31	R\$ 5.507,05	R\$ 5.614,48
Custos Variáveis (mensal/km)	Custo do pneu	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,03
	Custo com lavagem	R\$ 0,030	R\$ 0,030	R\$ 0,030
	Custo do combustível	R\$ 0,63	R\$ 0,69	R\$ 0,76
	Custo de manutenção	R\$ 0,08	R\$ 0,09	R\$ 0,07
	Total/ Km	R\$ 0,77	R\$ 0,84	R\$ 0,89
	Total por caminhão	R\$ 680,00	R\$ 632,34	R\$ 954,44
Custos totais por caminhão		R\$ 6.105,31	R\$ 6.139,39	R\$ 6.568,91
Quantidade de caminhões necessária		3	3	2
CUSTOS TOTAIS		R\$ 18.315,93	R\$ 18.418,17	R\$ 13.137,83

Fonte: Próprio autor (2018)

Portanto, nota-se que apesar de a Simulação 3 apresentar o maior valor para os custos totais por caminhão ela seria a alternativa mais vantajosa, pois permitiria que fossem utilizados apenas dois caminhões, enquanto as outras opções exigiriam a utilização de três veículos, para que fosse viável o atendimento de todas as demandas.

Assim, os custos totais dessa alternativa seriam consideravelmente inferiores aos das demais, pois ela possibilitaria a utilização de menores gastos totais com mão de obra, manutenção, seguro, impostos, entre outros. Dessa maneira, a Simulação 3 seria a melhor opção, do ponto de vista financeiro.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho realizou o estudo da distribuição de produtos de higiene pessoal, por meio da aplicação do método de roteirização Clarke e Wright e de simulações de frota para atendimento das demandas. Além disso, estabeleceu e comparou os custos diretos fixos e variáveis de cada simulação.

Assim, foi possível identificar a relevância da realização de análise sobre a definição de roteiros mais adequados para entrega de mercadorias por um distribuidor, os quais permitem otimizar a utilização dos recursos – veículos, mão de obra, tempo e capital. Esse fato torna-se de maior importância para as situações em que há muitos pontos de entrega, como é o caso da distribuidora analisada nesse estudo.

Dessa maneira, após aplicação do método de Clarke e Wright e a simulação da configuração das frotas, foi encontrado que, entre as opções de veículos utilizadas – de três, quatro e meia e seis toneladas – a opção com maior limite de capacidade resultou em um menor número de rotas a serem percorridas, pois maior quantidade de pontos de entrega poderia ser atendida no mesmo roteiro.

Dessa forma, ao identificar os custos fixos e variáveis de cada alternativa, essa seria também a opção mais econômica. Percebeu-se que as simulações 1 e 2 apresentaram custos 40% mais elevados, quando comparadas à simulação 3.

Portanto, isto pode ser justificado pelo fato de, para a terceira alternativa, apenas dois caminhões serem necessários para atender às demandas, enquanto nas demais alternativas seriam necessários três caminhões. Assim, além de obter maiores despesas para manter mais um caminhão – como impostos, seguro e manutenção – também seria necessário um motorista a mais, o que geraria maiores dispêndios com salários e encargos.

Essa pesquisa apresentou a aplicação de apenas um método de roteirização, dentre todos os métodos existentes, o método de Clarke e Wright. Contudo, em projetos futuros, é possível utilizar outros métodos que, possivelmente, forneceria diferentes soluções, podendo proporcionar maior otimização e melhores resultados para este problema.

Além disso, seria possível utilizar bibliografia existente para realizar a simulação dos custos para cada alternativa, encontrando valores já mensurados para aplicá-los ao problema, como é o caso da Revista Transporte Moderno. Adicionalmente, poderia ser elaborada simulação que permitiria encontrar diferentes veículos a serem utilizados para atender à demanda e o cálculo de seus custos de modo a dar suporte à tomada de decisão.

Ademais, janelas de tempo poderiam ter sido definidas, de acordo com as restrições de horário de cada cliente, bem como a viabilidade de acesso dos caminhões aos clientes. Seria possível, também, solucionar o problema por meio da proposição de combinação de diferentes tipos de caminhão, com o objetivo de reduzir custos, ao aumentar a utilização da capacidade máxima de cada veículo.

Em adição, em projetos futuros, poderiam ser mensurados os tempos reais de carregamento e descarregamento de mercadorias, o que tornaria o trabalho mais fidedigno e, por isso, proporcionaria soluções mais adequadas à transportadora. Além disso, poderiam ser calculados os custos indiretos, para tornar os resultados mais completos.

Finalmente, seria também possível propor a locação de caminhões para atender a determinadas rotas, como é o caso das simulações 1 e 2 deste problema, em que um terceiro caminhão teria de ser adquirido para atender a apenas duas ou três rotas. Adicionalmente, como solução alternativa a essa questão, poderia ser sugerido que o terceiro caminhão adquirido, quando ocioso, pudesse ser alugado a outras empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustível em <http://anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp>. Acesso em 04/06/2018.

ALENCAR, C. F.; MACEDO, E. R.; SOARES, A. M.; SOUZA, F. J. C. **Estudo de roteirização de veículos**: Aplicação da técnica de Varredura em uma indústria de artigos de sono. 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_222_28320.pdf> Acesso em: 25/11/2017.

ALVES, J. M.; OJIMA, R. K.; FILHO, M. R. Logística de produção: estudo de caso na Embraer. **XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção**. Florianópolis, 03 a 05 de novembro de 2004. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0112_1111.pdf>. Acesso em 10/11/2017.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial**: Transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2011.

Banco Central do Brasil em <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>>. Acesso em: 19/06/2018.

Banco Nacional de Empregos em < <http://www.bne.com.br/>>. Acesso em: 04/06/2018.

BERTAGLIA, P. B. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.

BODIN, L. D. **Twenty Years of Routing and Scheduling**. Operations Research 38(4): 571-579, 1990.

BOTELHO, G. A.; PIZZOLATO, N. D.; RODRIGUES, E. F.; SOUZA, R. O. **A economicidade dos centros de distribuição**: O caso do varejo. 2014. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V9N4A10/SGV9N4A10>>. Acesso em 09/09/2017

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

CLARKE, G.; WRIGHT, J. W. (1964) **Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points**. Operations Research 12(4): 568-581.

COSTA, M. F. G; FARIA, A. C. **Gestão de custos logísticos**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2013.

COVER, T.; HART, P. **Nearest neighbour pattern classification**. Stanford: IEEE, 1967.

CUNHA, C. B. **Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais**. 2014. Disponível em: <http://www.gestori.com.br/website2/diversos/artigos/aspectos_praticos_de_aplicacao_da_roteirizacao.pdf> Acesso em: 21/10/2017.

CUNHA, C. B; BONASSER, U. O.; ABRAHÃO, F. T. M. **Experimentos computacionais com heurísticas de melhorias para o problema do caixeiro viajante**. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228434832_Experimentos_computacionais_com_heuristicas_de_melhorias_para_o_problema_do_caixeiro_viajante> Acesso em: 21/10/2017.

CUNHA, V. A. C.; DANTAS, L. F.; REPOLHO, H. M. V.; PESSOA, L. S. **Solução heurística para o problema de dimensionamento de mão de obra e roteirização através de um algoritmo Clarke e Wright**. 2016. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/images/documentos/anais/2_Logistica.pdf> Acesso em: 28/11/2017.

Detran DF. Disponível em: <http://www.detran.df.gov.br/images/documentos/Servicos/tabela_servico.pdf>. Acesso em: 04/06/2018.

FABRÍCIO, A. S. F.; SUBRAMANIAN, A. **Um modelo de programação inteira para o problema de dimensionamento de frota própria em uma indústria de bebidas**. 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_492_12104.pdf> Acesso em: 29/11/2017.

FARAHANI, R. Z.; REZAPOUR, S.; KARDAR, I. L. **Logistics Operations and Management: Concepts and Models**. USA: Elsevier Inc. All rights reserved, 2011.

FARIAS, F. L.; OLIVEIRA, E. M. **Histórico e evolução da logística**. Especialização em Métodos de Melhoria da Produtividade, Engenharia de Produção. Universidade Federal do Paraná. 2010. http://www.pb.utfpr.edu.br/daysebatistus/sintese_3.pdf Acesso em: 29/10/2017.

FRAGA, A. A.; CARDOSO, P. A. **Desenvolvimento de um sistema de roteirização de veículos em um armazém para apoio na decisão de coleta de produtos**. 2013.

Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T14_0162_8.pdf> Acesso em: 22/10/2017.

Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. Disponível em: <<http://veiculos.fipe.org.br/>>. Acesso em: 02/06/2018.

GIL, A. C., **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDANI, B. G.; BAU, L. A. **Aplicação de métodos heurísticos em problema de roteirização de veículos**. 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STP_200_132_24933.pdf> Acesso em: 25/11/2017.

GOMES, C. F. S.; RIBEIRO, P.C.C. **Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Cengage Learning, 2014.

GUERREIRO, R. R.; LONGARAY, A. A.; MUNHOZ, P. R.; MACHADO, C. M. S. M. **Formulação de um modelo de programação inteira para o dimensionamento de frota de caminhões de um operador logístico: Um estudo de caso**. 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_376_31658.pdf> Acesso em: 29/11/2017.

JUNIOR, D. P. A.; ALBERTIN, M. R.; NETO, A. R. P.; ROLIM, G. A. **Otimização do transporte de trabalhadores de uma indústria na região metropolitana de fortaleza**. 2016. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/xxanpet/site/images/documentos/anais/2_Logistica.pdf> Acesso em: 25/11/2017.

KINOSHITA, C. K.; MAIELLO, J. R. **Modelos para roteirização e programação de veículos aplicados a uma empresa de transporte escolar**. 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_140_888_18482.pdf> Acesso em: 29/11/2017.

LAPORTE, G., GENDREAU, M., POTVIN, J. Y., & SEMET, F. **Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem**. *International transactions in operational research*, v.7, n.4-5, p. 285-300, 2000.

LEITE, D. G.; NOLASCO, R. W. P.; SAKURABA, C. S.; VALENÇA, A. K. A., Planejamento do atendimento logístico: estudo de caso em uma distribuidora de GLP. **XXXVII Encontro Nac. de Eng. de Produção**. Joinville, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_379_31272.pdf> . Acesso em 10/11/2017.

LETTNIN, E. **Gestão de custos logísticos com ênfase no cálculo do quilômetro rodado**. 2011. Disponível em: <<https://www.esab.edu.br/wp-content/uploads/monografias/edson-renato-priebernow-lettnin.pdf>> Acesso em: 14/06/2018.

LIN, S.; KERNIGHAN, B, W. **An effective heuristic algorithm for the traveling salesman problem**. Operations Research, v.21, p.498-516, 1971.

LUNA, M. M. M.; BELLOMUSTO, M. P.; MONHO, M. C. B. **Problema de roteirização em empresa do setor alimentício: uma aplicação do método de Clarke e Wright**. 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_222_28144.pdf> Acesso em: 21/10/2017.

Magazine Luiza. Disponível em <<https://www.magazineluiza.com.br/fraldas-turma-da-monica-huggies-soft-touch-rn-kimberly-clark/p/7523464/bb/befr/>>. Acesso em 26/03/2018.

MELO, C. J. C. S; NASCIMENTO, L. J. A. N.; SILVA, M. M. **Prestação de serviços de fretamento contínuo: análise de uma empresa de ônibus de caruaru**. 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_222_28124.pdf> Acesso em: 25/11/2017.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

NOVAES, A. G. **Sistemas Logísticos**: transporte, armazenagem e distribuição física de produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

PEREIRA, D. **Análise do impacto das condições de rodovias pavimentadas na renovação da frota de transporte rodoviário de carga**. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6344/1/2006_Denis%20Biolkino%20de%20Sousa%20Pereira.pdf>. Acesso em: 13/06/2018.

PRESTES, A. N. **Uma análise experimental de abordagens heurísticas aplicadas ao Problema do Caixeiro Viajante**. 2006. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/17962/1/AlvaroNP.pdf>>. Acesso em: 10/10/2017.

Receita Federal. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=15004&visao=original>>. Acesso em: 04/06/2018.

Secretaria de Fazenda do DF. Disponível em <[http://www.fazenda.df.gov.br/aplicacoes/legislacao/legislacao/TelaSaidaDocumento.cfm?txtNumero=34024&txtAno=2012&txtTipo=6&txtParte=.](http://www.fazenda.df.gov.br/aplicacoes/legislacao/legislacao/TelaSaidaDocumento.cfm?txtNumero=34024&txtAno=2012&txtTipo=6&txtParte=.>)>. Acesso em: 03/06/2018.

SILVA, A. S.; COIMBRA. L. S.; ALMEIDA, M. A. F. **Uso do método de análise hierárquica de processo (AHP) na seleção de técnicas de roteirização em uma empresa de transporte.** Belo Horizonte. 2017.

SOUZA, A. W.; AMARAL, D. B. M.; OI, R.; CARNEIRO, J. B.; SANTOS, R. M. **Aplicação da técnica de Varredura no replanejamento da malha de transporte:** um estudo de caso em uma empresa de transporte e distribuição de cargas fracionadas. 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STP_195_103_25292.pdf> Acesso em: 25/11/2017.

TOIGO, Rafael; VALLE FILHO, Adhemar M.; LAVRATTI, Fabio Beylouni. **Sistema de Roteirização de Entregas.** Hífen, Itajaí, v. 31, n. 59. 2007. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/hifen/article/view/3863/2939>>. Acesso em: 15/10/2017.

VALENTE, A.; NOVAES, A.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. **Gerenciamento de transporte e frotas.** 3. ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

Veiga, W; Santos, F. **Contabilidade de custos:** gestão em serviços, comércio e indústria – 1. ed. – São Paulo: Atlas, 2016.

Volkswagen Caminhões e Ônibus. Disponível em <<https://www.vwco.com.br/produtos-volkswagen/modelos/delivery-8>>. Acesso em 05/06/2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – Endereços dos Clientes Priorizados

Endereços	
Cliente 1	A Cnn 01 Bloco L K, S/N
Cliente 2	RODOVIA DF 001 E DF 480 CH ARCO IRIS PON
Cliente 3	QNN 30 AREA ESPECIAL K
Cliente 4	EQNN 79 BL A LTS 26
Cliente 5	CLN 05 BL D LT 2A4
Cliente 6	QNN 03 CONJ B LTS 43 45 E 47
Cliente 7	QN 513 CJ A LT 01
Cliente 8	EQNP 1014 BL B LOTES 01 06
Cliente 9	QDA 201 LT 18 LJ 01 AV RECANTO DAS EMAS
Cliente 10	SCDN BLOCO N LOTE 01
Cliente 11	SETOR HOTELEIRO LT 05 SETOR CENTRAL
Cliente 12	QNG 2 LT 44 46 E 48
Cliente 13	EPTG RUA QUARESMEIRA 02A LT 08 BL Q
Cliente 14	EQNP 2630 BLOCO C LOTE 26
Cliente 15	QD 11 CONJ F LOTES 24 A 31
Cliente 16	EQNL 1719 BL D LJ 01
Cliente 17	EQNM 0709 BL F LT 0104
Cliente 18	QNN 28 AREA ESPECIAL B LJ 01
Cliente 19	ROD DF150 KM 0405 CHAC 60 LJ 1 CONTAGE
Cliente 20	AV DOM BOSCO CH STA EDWIGES, LOTE 8/9
Cliente 21	SHTQ TECHO 01 AV COMERCIAL LOTE 17
Cliente 22	EQNP3034 BLOCO G LT 0204
Cliente 23	AV PARANOIA QD 29 CONJ 21 LTS 4567
Cliente 24	EQNL 2123 BLB LJ03
Cliente 25	QNM 38 CONJ G LOTE 46 LOJA 01
Cliente 26	EQNL 1315 BLOCO B LOJA 01

Endereços	
Cliente 27	QNN 09 CJ B LOTE 45 LJ 03
Cliente 28	PONTE ALTA NORTE GLEBA B LT 10 BL 01 L 1
Cliente 29	EQNL 911 BLOCO D LOJAS 0106
Cliente 30	SETOR SMHS,S/N
Cliente 31	QUADRA QE 15 LOTE A
Cliente 32	R PAINEIRAS LT 3 E R 30 NT LT 4 LJ 21
Cliente 33	SHC NORTE EQ 402403 BLOCO A
Cliente 34	QUADR 04 CONJUNTO 08 LOTE 01 SETOR OESTE
Cliente 35	AVPARANOIA CJ 10 LT 1215 QD 12 CJ P
Cliente 36	Q 20 LT 24 E 6 SOBRELOJA
Cliente 37	SHCN QUAD 408409 BLOCO A
Cliente 38	EQNP 1713 BL E LJ12 SNE BL F LJ 14
Cliente 39	EPTG KM 07 CHAC 53 ARTE VERDE
Cliente 40	EQS 412413 BL A LT 01
Cliente 41	AV JEQUITIBA LT 485 LJ 06 A 10
Cliente 42	SMDBSUL CONJ12 LT1 TERREO